

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Oktober 2002 (17.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/080979 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **A61K 47/48**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/02928**

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. März 2002 (15.03.2002)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
101 12 825.8 16. März 2001 (16.03.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRESENIUS KABI DEUTSCHLAND GMBH**
[DE/DE]; Freseniusstrasse, 61159 Friedberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SOMMERMEYER, Klaus** [DE/DE]; In der Laubach 26, 61191 Rosbach (DE). **EICHNER, Wolfram** [DE/DE]; Richard Wagner Str. 12, 35510 Butzbach (DE). **FRIE, Sven** [DE/DE]; Heuchelheimerstr. 12, 61348 Friedberg (DE). **JUNGHEINRICH, Cornelius** [DE/DE]; Valkenierstr. 2b, 61350 Bad Homberg (DE). **SCHARPF, Roland** [DE/DE]; Vogelsbwergrstr. 3, 63691 Ranstadt (DE). **LUTTERBECK, Katharina** [DE/DE]; Am Holzpförtchen 7, 61169 Friedberg (DE).

(74) Anwälte: **VON MENGES, A. usw.; Uexküll & Stolberg, Beselerstr. 4, 22607 Hamburg (DE).**

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

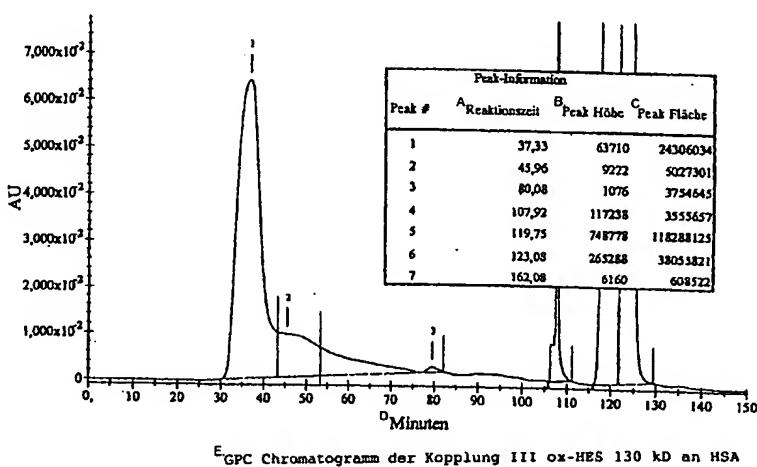
(54) Title: CONJUGATE OF HYDROXYALKYL STARCH AND AN ACTIVE AGENT

(54) Bezeichnung: HAS-WIRKSTOFF-KONJUGATE



A2

WO 02/080979



A...REACTION TIME

B...HEIGHT

C...AREA

D...MINUTES

E...GPC CHROMATOGRAM OF THE COUPLING OF III ox-HES 130KD TO HAS

(57) Abstract: The invention relates to compounds, comprising a conjugate of hydroxyalkyl starch (HAS) and an active agent, whereby the hydroxyalkyl starch is either directly covalently bonded to the active agent, or by means of a linker. The invention further relates to methods for the production of a covalent HAS-active agent conjugate, whereby HAS and an active agent are reacted in a reaction medium, characterised in that the reaction medium is water or a mixture of water and an organic solvent, comprising at least 10 wt. % water.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE; SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft Verbindungen, die ein Konjugat aus Hydroxalkylstärke (HAS) und einem Wirkstoff umfassen, wobei die Hydroxalkylstärke entweder unmittelbar oder über einen Linker kovalent an den Wirkstoff gebunden ist. Die Erfindung betrifft ferner Verfahren zur Herstellung eines kovalenten HAS-Wirkstoff-Konjugates, bei denen man HAS und einen Wirkstoff in einem Reaktionsmedium miteinander umsetzt, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfasst, ist.

HAS-Wirkstoff-Konjugate

Die vorliegende Erfindung betrifft Verbindungen, die ein Konjugat aus einer Hydroxyalkylstärke (HAS) und einem Wirkstoff umfassen, wobei die Hydroxyalkylstärke entweder unmittelbar oder über einen Linker kovalent an den Wirkstoff gebunden ist. Die Erfindung betrifft ferner Verfahren zur Herstellung eines kovalenten HAS-Wirkstoff-Konjugates, bei denen man HAS und einen Wirkstoff in einem Reaktionsmedium miteinander umsetzt, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt, ist. Die Erfindung betrifft auch die medizinische Verwendung der Konjugate.

TECHNISCHER HINTERGRUND

Der klinische Einsatz vieler Pharma-Wirkstoffe wird durch eine Reihe von Problemen beeinträchtigt (vgl. Delgado et al., Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems, Vol. 9 (3, 4), (1992) S. 249-304). Parenteral verabreichte native Proteine unterliegen beispielsweise der Ausscheidung durch das retikulo-

- 2 -

endothiale System, die Leber, die Niere und die Milz. Die Ausscheidung erfolgt dabei in Abhängigkeit der Ladung der Kohlenhydratketten, der Präsenz zellulärer Rezeptoren für das Protein und von der Molekülform und -größe. Die Ausschlussgrenze der Glomerularfiltration der Niere liegt beispielsweise bei etwa 67 kD.

Als Folge proteolytischer Degradation ist ferner ein schneller Verlust der biologischen Aktivität zu beobachten.

5 Bakteriell exprimierte Proteine sowie andere rekombinante Proteine können eine erhöhte Immunogenität aufweisen und lebensbedrohliche Hypersensitivitätsreaktionen provozieren. Entsprechende Reaktionen verhindern natürlich die medizinische Verwendung dieser Produkte.

10

Aus diesem Grund wurde im Stand der Technik bereits seit Ende der 70er Jahre systematisch an der Verbesserung der Eigenschaften exogener Proteine durch chemische Modifikation, insbesondere Polymerisation oder Kopplung an makromolekulare Polymere geforscht. Viele Arbeiten konzentrierten sich dabei auf die Herstellung von Konjugaten aus Proteinen oder anderen Wirkstoffen einerseits und Polyethylenglykol (PEG) andererseits (vgl. US 4,179,337). Die Vorteile, die man sich von diesen Kopplungsreaktionen erhoffte, umfassen verbesserte *in vivo* Halbwertszeit der Proteine, verringerte Toxizität, verbesserte Stabilität und verbesserte Löslichkeit der Wirkstoffe (Abuchowski und Davis, Enzymes as drugs, Holcnenberg und Rubberts, Herausgeber, S. 367-383, John Wiley & Sons N.Y. (1981)).

25 Das Verfahren zur Kopplung der Wirkstoffe erwies sich jedoch als problematisch, da die aktive Gruppe des Proteins durch Kopplung an PEG inaktiviert wurde oder die Reaktionen das Reaktionsprodukt nicht in brauchbarer Ausbeute lieferten. Um eine spezifische Bindung zu erzielen, die die Aktivität des Wirkstoffs nicht 30 beeinträchtigt, wurden aktive Gruppen in PEG oder den Wirkstoff eingeführt oder die Verbindungen mit einem Linker aneinander

- 3 -

gebunden. Üblicherweise wird PEG dafür mit einer aktiven Gruppe versehen, welche nachfolgend kovalent an die kopplungsfähige Gruppe eines Proteins gebunden wird.

5 So wurde beispielsweise der Verlust der Bindungsaktivität von Antikörpern und deren Fragmenten nach deren Kopplung an PEG beschrieben (Kitamura et al., Cancer Res., Vol. 51 (1991), S. 4310-4315; und Pedley, et al., Br. J. Cancer, Vol. 79 (1994), S. 1126-1130). Zur Lösung dieses Problems schlagen Chapman et al.
10 (Nature Biotech., Vol. 17 (1999), S. 780-783) vor, PEG an bestimmte Bindungsstellen des Antikörpers zu binden.

Der Aktivitätsverlust des Kopplungspartners wird ferner in WO 95/13090 beschrieben. Zur Lösung wird vorgeschlagen, PEG mit
15 einer reaktiven Gruppe zu aktivieren und PEG über diese reaktive Gruppe in Gegenwart eines Tensides an α -Interferon zu binden. Als bevorzugte reaktive Gruppe wird N-Succinimid-Carbonat genannt, das unter den genannten Bedingungen mit der ϵ -Aminogruppe des Lysin eine Urethan-Bindung ausbilden soll.

20 Auch die WO 96/41813 offenbart Verfahren zur Herstellung eines Polymer-Polypeptid-Konjugates, bei denen das Polymer (insbesondere PEG) an einer spezifischen Stelle derivatisiert und anschließend an ein Polypeptid gebunden wird. Vorzugsweise wird
25 dabei eine Amino-Oxi-Acetyl-Gruppe in PEG eingebracht und diese Verbindung anschließend an ein Polypeptid, insbesondere an IL-8, hG-CSF und IL-1 gebunden.

In der Literatur finden sich somit eine Vielzahl von Beispielen
30 für entsprechende Konjugate; vgl. PEG-Insulin-Konjugate in US 4,179,337, bovine PEG-Hämoglobin-Konjugate in US 4,412,989, PEG-Ribonuklease-Konjugate und PEG-Superoxiddismutase-Konjugate in Veronese et al., Applied Biochem. Biotech., Vol. 11, 141-152 (1995), PEG-IL-2-Konjugate oder PEG-IFN- β -Konjugate in US 4,766,106, PEG-Polymyxin-Konjugate in WO 90/15628 und PEG-IL-2-Konjugate in WO 90/07939. Einige Konjugate befinden sich inzwischen in der klinischen Anwendung. Beispielsweise konnten die

- 4 -

Eigenschaften des Enzyms Asparaginase durch Konjugatbildung mit PEG verbessert werden, und ein PEG-Asparaginase-Konjugat ist unter der Marke Oncaspar® für die Krebstherapie kommerziell erhältlich. Kürzlich wurde ein an PEG gekoppeltes G-CSF von der

5 US Food and Drug Administration zugelassen (Pegfilgastim). Eine große Anzahl weiterer pegylierter Produkte befindet sich in den verschiedenen Phasen der klinischen Entwicklung, darunter beispielsweise PEG-CDP870, PEG-Dronabinol, etc. (vgl. PEG-Pipeline unter www.enzon.com oder www.inhale.com).

10

Nicht nur Proteine sondern auch andere Verbindungen wurden nach diesem Schema an PEG und andere Polymere gekoppelt. WO 97/33552 und WO 97/38727 offenbaren beispielsweise die Kopplung von Paclitaxel an PEG und die Verwendung des Konjugates zur Behandlung von Tumoren. Die Verwendung eines PEG-Camptothecin-Konjugates zur Behandlung von Tumoren wird von der Firma Enzon in der klinischen Phase I untersucht.

Auch Antibiotika sind bereits an PEG gekoppelt worden. Dowling und Russell berichten beispielsweise über die Pharmakokinetik eines Oxytetrazyklin-PEG-Konjugates (J. Vet. Pharmacol. Ther., Vol. 23 (2000), 107-110). Für den Erhalt neuer Funktionen wurden Antibiotika im Stand der Technik auch mittels anderer Verfahren derivatisiert. Beispielsweise wurde ein Depot-Penicillin hergestellt, welches ein Procain-Penicillin-Derivat ist, also das Salz des Penicillins mit der Procain-Base. Dieses Derivat besitzt eine verlängerte Wirkungsdauer und wird z.B. zur Therapie der Syphilis eingesetzt.

30 Kopplungsreaktionen mit mehr als zwei Verbindungen sind ebenfalls beschrieben worden. WO 93/23062 offenbart beispielsweise die Herstellung eines Kopplungsproduktes aus einem gegen ein B-Zell-Lymphom gerichteten Antikörper, aktiviertem PEG und einem Toxin.

35 PEG-Wirkstoff-Konjugate weisen jedoch keine natürliche Struktur auf, für die in vivo Abbauwege beschrieben wurden. Unter anderem aus diesem Grund sind neben den PEG-Konjugaten auch andere

- 5 -

Konjugate und Protein-Polymerisate für die Lösung der oben genannten Probleme erzeugt worden. So gibt es eine Vielzahl von Verfahren zur Vernetzung verschiedener Proteine und Bindung von Proteinen an Makromoleküle (vgl. zusammenfassende Darstellung in 5 Wong, S.S., "Chemistry of protein conjugation and cross linking", CRCs, Inc. (1993)).

Hydroxyethylstärke (HES) wird als Derivat eines natürlich vorkommenden Amylopektins im Körper durch α -Amylase abgebaut. 10 Auch die Herstellung von HES-Protein-Konjugaten ist bereits im Stand der Technik beschrieben worden (vgl. HES-Hämoglobin-Konjugate in DE 26 16 086 oder DE 26 46 854).

Hämoglobin ist ein Protein, das als Blutersatz- und Sauerstoff- 15 transport-Mittel (sog. "Hämoglobin-Based-Oxygen Carrier", HBOC) eine große klinische Bedeutung haben könnte. Obgleich der Bedarf an einem derartigen Produkt jedoch bereits frühzeitig erkannt wurde (vgl. Rabiner, J. Exp. Med. 126, (1967) 1127), hat bisher keines der bekannten HBOC-Produkte den Status eines zugelassenen 20 Arzneimittels erreicht.

Das natürliche Hämoglobin besteht aus zwei α - und β -Peptidketten, die als prosthetische Gruppe jeweils ein Häm gebunden haben. Isolierte Hämoglobin-Moleküle sind jedoch sehr instabil und zerfallen rasch in die stabileren α , β -Dimere (MG 32 kDa). Die biologische Halbwertszeit von isoliertem Hämoglobin im Blutkreislauf liegt bei etwa 1 Stunde, da die Dimere schnell über die Nieren ausgeschieden werden. Dabei erzeugen die Dimere nephrotoxische Nebenwirkungen (vgl. Bunn & Jandl, J. Exp. Med. 129, (1967) 925- 25 934). Entwicklungsarbeiten an derivatisierten Hämoglobin-Molekülen waren daher in erster Linie darauf gerichtet, Hämoglobin intramolekular zu vernetzen, zur Bildung von polymeren HBOC-Formen intermolekular zu verknüpfen und/oder an Polymere 30 zu koppeln.

35 Die bekannten Hämoglobin-Konjugate werden beispielsweise in Xue und Wong (Meth. in Enzymol., 231 (1994), S. 308-322) und in DE

- 6 -

26 16 086 und DE 26 46 854 beschrieben. Letztere offenbart Verfahren mittels derer Hämoglobin an HES gebunden wird, indem HES zunächst mit Natriumperiodat umgesetzt wird. Dabei entstehen Dialdehyde, an die Hämoglobin gebunden wird. Demgegenüber 5 beschreibt die DE 26 16 086 die Kopplung von Hämoglobin an HES nach einem Verfahren, bei dem zunächst ein Vernetzungsmittel (z.B. Bromcyan) an HES gebunden wird und anschließend Hämoglobin an das Zwischenprodukt gebunden wird.

10 HES ist ein substituiertes Derivat des in Maisstärke zu 95 % vorkommenden Kohlenhydrat-Polymers Amylopektin. HES weist vorteilhafte rheologische Eigenschaften auf und wird zurzeit als Volumenersatzmittel und zur Hämodilutionstherapie klinisch eingesetzt (Sommermeyer et al., Krankenhauspharmazie, Vol. 8(8), 15 (1987), S.271-278; und Weidler et al., Arzneim.-Forschung/ Drug Res., 41, (1991) 494-498).

Amylopektin besteht aus Glucoseeinheiten, wobei in den Hauptketten α -1,4-glykosidische Bindungen vorliegen, an den Verzweigungs- 20 stellen jedoch α -1,6-glykosidische Bindungen. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften dieses Moleküls werden im Wesentlichen durch die Art der glykosidischen Bindungen bestimmt. Aufgrund der abgeknickten α -1,4-glykosidischen Bindung entstehen helikale Strukturen mit etwa 6 Glucose-Monomeren pro Windung.

25 Die physikalisch-chemischen als auch die biochemischen Eigenschaften des Polymers können durch Substitution verändert werden. Die Einführung einer Hydroxyethylgruppe kann durch alkalische Hydroxyethylierung erreicht werden. Durch die Reaktionsbedingungen kann die unterschiedliche Reaktivität der jeweiligen Hydroxylgruppe im unsubstituierten Glucosemonomer gegenüber der Hydroxyethylierung ausgenutzt werden, dadurch ist eine begrenzte Einflussnahme auf das Substitutionsmuster möglich.

30 Daher wird HES im Wesentlichen über die Molekulargewichtsverteilung und den Substitutionsgrad gekennzeichnet. Der Substitutionsgrad kann dabei als DS ("degree of substitution"),

- 7 -

welcher auf den Anteil der substituierten Glucosemonomere aller Glucoseeinheiten Bezug nimmt, oder als MS ("molar substitution") beschrieben werden, womit die Anzahl von Hydroxyethylgruppen pro Glucoseeinheit bezeichnet wird.

5

HES-Lösungen liegen als polydisperse Zusammensetzungen vor, in denen sich die einzelnen Moleküle hinsichtlich des Polymerisationsgrades, der Anzahl und Anordnung der Verzweigungsstellen, sowie ihres Substitutionsmusters voneinander unterscheiden. HES 10 ist somit ein Gemisch von Verbindungen mit unterschiedlichem Molekulargewicht. Dementsprechend wird eine bestimmte HES-Lösung durch ein durchschnittliches Molekulargewicht anhand statistischer Größen bestimmt. Dabei wird M_n als einfaches arithmetisches Mittel in Abhängigkeit von der Anzahl der Moleküle 15 errechnet (Zahlenmittel), während M_w , das Gewichtsmittel, die masseabhängige Messgröße darstellt.

Eine selektive chemische Bindung von Proteinen an HES wurde bisher jedoch dadurch verhindert, dass die Aktivierung der HES 20 nicht selektiv erfolgt. So resultieren die im Stand der Technik bekannten Protein-HES-Konjugate aus einer nicht-selektiven Kopplung von Bromcyan-aktivierter HES an Hämoglobin (vgl. DE 26 16 086). Entsprechende Verfahren können zu polydispersen Produkten mit uneinheitlichen Eigenschaften und potentiell 25 toxischen Nebenwirkungen führen.

Von Hashimoto (Hashimoto et al., Kunststoffe, Kautschuk, Fasern, Vol. 9, (1992) S. 1271-1279) wurde erstmals ein Verfahren offenbart, in dem eine reduzierende Aldehyd-Endgruppe eines 30 Saccharids selektiv oxidiert werden konnte, wobei ein reaktiver Ester (Lacton) gewonnen wurde.

Auf der Grundlage dieses Verfahrens offenbart WO 98/01158, dass Hämoglobin-Hydroxyethylstärke-Konjugate erhalten werden können, 35 in denen Hämoglobin an HES selektiv über Amidbindungen zwischen freien Aminogruppen des Hämoglobins und der in oxidiert Form vorliegenden reduzierenden Endgruppe der HES miteinander

- 8 -

verknüpft sind. Sowohl die in Hashimoto et al. offenbarten Verfahren als auch die Verfahren gemäß WO 98/01158 basieren jedoch auf einer Reaktion zwischen Saccharid (HES) und Protein (Hämoglobin) in organischem Lösungsmittel. Konkret wurde in 5 dieser Veröffentlichung Dimethylsulfoxid (DMSO) verwendet.

Dem Fachmann ist jedoch bekannt, dass viele Proteine in organischen Lösungsmitteln eine Strukturänderung erleiden, welche sich in wässrigen Lösungen nicht zurückbildet. In der Regel geht mit 10 der Strukturänderung auch ein Aktivitätsverlust einher. In jedem Fall ist das organische Lösungsmittel aufwendig zu entfernen, da für die geplante medizinische Verwendung bereits residuale Anteile organischer Lösungsmittel nicht akzeptabel sein können. Sogar die potentielle Gefahr von Verunreinigungen und 15 Strukturänderungen der Proteine ist im Hinblick auf die geplante Verwendung auszuschliessen.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, verbesserte Hydroxyalkylstärke-Wirkstoff-Konjugate und Verfahren 20 zur deren Herstellung zur Verfügung zu stellen, die zu biologisch aktiven Konjugaten führen, welche im klinischen Alltag eingesetzt werden können. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung von Hydroxyalkylstärke-Wirkstoff-Konjugaten bereit zu stellen, bei denen nicht 25 in nennenswertem Umfang Nebenprodukte erzeugt werden, da auch diese Nebenprodukte die anschließende Aufreinigung des Produktes in erheblichem Umfang beeinträchtigen.

Diese Aufgabe wurde nunmehr überraschenderweise durch Ver- 30 bindungen gelöst, die ein Konjugat aus einer Hydroxyalkylstärke und einem Wirkstoff umfassen, wobei die Hydroxyalkylstärke entweder unmittelbar oder über einen Linker kovalent an den Wirkstoff gebunden ist. Entsprechende HAS-Wirkstoff-Konjugate sind beispielsweise durch Verfahren erhältlich, bei denen man HAS 35 und einen Wirkstoff in einem Reaktionsmedium miteinander umsetzt, wobei das Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit

- 9 -

organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt, ist.

Die Erfindung betrifft ferner Verfahren zur Herstellung eines
5 kovalenten HAS-Wirkstoff-Konjugates, bei dem man HAS und
mindestens einen Wirkstoff in einem wässrigen Reaktionsmedium
miteinander umsetzt und ist dadurch gekennzeichnet, dass das
Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organi-
schem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt,
10 ist.

Vorzugsweise wird HAS vor Bindung an den Wirkstoff oxidiert,
wobei eine spezifische Oxidation der reduzierenden Endgruppen
besonders bevorzugt ist. Alternativ dazu kann die Kopplung über
15 die Bildung einer Schiff'schen Base zwischen HAS und einem Amin-
Gruppen-tragenden Wirkstoff als Zwischenprodukt erfolgen. Dieses
Zwischenprodukt wird anschließend unter Ausbildung einer
Methylenamingruppe reduziert.

20

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN:

Fig. 1 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES
130 kD und HSA nach Verfahren A.III;

25

Fig. 2 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES
130 kD und HSA nach Verfahren A.IV;

30

Fig. 3 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES
130 kD und HSA nach Verfahren A.V und einer Reaktionszeit
von 2 Stunden;

Fig. 4 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES
130 kD und HSA, Verfahren A.V, Reaktionszeit über Nacht;

35

- 10 -

Fig. 5 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES 10 kD und HSA nach Verfahren A.V nach 2 Stunden (Fig. 5a) und über Nacht (Fig. 5b);

5 Fig. 6 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES 130 kD und HSA nach Verfahren A.VII, nach 24 Stunden Reaktionszeit;

10 Fig. 7 GPC Chromatogramm der Kopplungsreaktion zwischen ox-HES 130 kD und HSA nach Verfahren B.V;

Fig. 8 SDS-PAGE und Western Blot verschiedener Kopplungsreaktionen zwischen HES und HSA;

15 Fig. 9 SDS-PAGE und Western Blot verschiedener Kopplungsreaktionen zwischen HES und HSA;

Fig. 10 Reaktionsschema für die Erstellung eines HES-DNA-Konjugates;

20 Fig. 11 Aufnahme eines Gels, das HES-DNA-Konjugate vor und nach einem Verdau mit einem Restriktionsenzym zeigt.

Die vorliegende Erfindung stellt erstmals Verbindungen zur 25 Verfügung, die ein Konjugat aus Hydroxyalkylstärke und einem Wirkstoff umfassen, wobei die Hydroxyalkylstärke entweder unmittelbar oder über einen Linker kovalent an den Wirkstoff gebunden ist. Die vorliegende Erfindung stellt ferner HAS-Wirkstoff-Konjugate zur Verfügung, welche durch Verfahren herstellbar sind, 30 bei denen man HAS und mindestens einen Wirkstoff in einem wässrigen Reaktionsmedium miteinander umsetzt. Die Verfahren sind ferner dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt, ist.

35 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird eine chemische Verbindung als Wirkstoff bezeichnet, wenn die Verbindung geeignet

- 11 -

ist, aktiver Bestandteil eines beliebigen Mittels für therapeutische oder diagnostische Zwecke zu sein. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Wirkstoff um ein den aktiven Bestandteil eines Arzneimittels, also die Verbindung innerhalb einer Arzneimittel-
5 formulierung, welche nach Verabreichung an ein Subjekt eine physiologische Wirkung erzielt.

Eine Übersicht über die zugelassenen Arzneimittel und deren Wirkstoffe findet sich in der Roten Liste. Die in der Roten Liste
10 genannten Wirkstoffe können für die Herstellung der HAS-Wirkstoff-Konjugate nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet werden. Gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff Wirkstoff aber auch alle Verbindungen, deren Eignung für die diagnostische oder therapeutische Verwendung zwar bekannt ist,
15 die jedoch aufgrund der oben dargestellten Probleme bisher für diesen Zweck nicht eingesetzt werden konnten. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Wirkstoff um ein Vitamin, Impfstoff, Toxin, Antibiotikum (oder Antiinfektivum), Antiarrhytmikum, Appetitzügler, Anästhetikum, Analgetikum, Antirheumatisches
20 Antiallergikum, Antiasthmatisches, Antidepressivum, Antidiabetikum, Antihistaminikum, Antihypertonikum, oder ein antineoplastisches Mittel. Strukturell kann es sich beispielsweise um ein Hormon, Steroid, Lipid, Protein, Oligo- oder Polypeptid, eine Nukleinsäure, insbesondere eine D- oder L-Nukleinsäure, wie beispielsweise
25 eine D-DNA, L-DNA, D-RNA oder L-RNA handeln. Die Verwendung von Proteinen, Peptiden, D- oder L-Nukleinsäuren als HAS-Kopplungs- partner ist besonders bevorzugt.

Die nach der vorliegenden Erfindung hergestellten Verbindungen
30 behalten die Aktivität des Wirkstoffes und die vorteilhaften Eigenschaften der HAS. Als weitere Vorteile weisen die erfindungsgemäßen Konjugate weitere Vorteile, darunter eine verbesserte in vivo Halbwertszeit der Wirkstoffe, eine verringerte Toxizität, eine verbesserte Stabilität und/oder eine verbesserte
35 Löslichkeit der Wirkstoffe auf.

- 12 -

Die HAS-Kette wird im Plasma nach der Verabreichung durch alpha-Amylase verkürzt. Die Aktivität des Kopplungsproduktes kann somit als Aktivität des nativen Kopplungsproduktes, also unmittelbar nach der Kopplung, oder als Aktivität des metabolisierten Kopplungsproduktes, also nach in vivo Metabolisierung des Kopplungsproduktes, bestimmt werden. Die in vivo Metabolisierung kann durch einen in vitro Abbau simuliert werden.

Die Aktivität des Wirkstoffes kann nach im Stand der Technik für diesen Stoff bekannten Verfahren bestimmt werden. Bei einem antineoplastischen Mittel wird die Aktivität beispielsweise als inhibitorische Konzentration (IC) oder bei einem antiinfektiven Mittel als minimale Hemmkonzentration (MHK) bestimmt. Die Bestimmung erfolgt vorzugsweise in vitro an geeigneten Zielzellen (vgl. Chow et al., Haematologica, Vol. 86 (2001), S. 485-493). Die in vitro Effekte können ferner durch ein relevantes Tiermodell bestätigt werden (vgl. beispielsweise das Mausmodell des Nierenzellkarzinoms, das in Changnon et al. beschrieben wurde, vgl. BJU Int., Vol. 88 (2001), S. 418-424).

20

Im Vergleich zu der ungekoppelten Substanz kann das native Kopplungsprodukt eine gesteigerte oder reduzierte Aktivität aufweisen. Die Aktivität wird jedoch vorzugsweise nicht mehr als 5fach, besonders bevorzugt nicht mehr als 3- oder 2-fach reduziert. Das metabolisierte Produkt weist vorzugsweise eine mit der ungekoppelten Substanz vergleichbare Aktivität auf, d.h. das metabolisierte Konjugat weist mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 75% der Aktivität des Wirkstoffes vor der Kopplung auf, wobei ein Erhalt von mindestens 95% der Aktivität besonders bevorzugt ist.

30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630
635
640
645
650
655
660
665
670
675
680
685
690
695
700
705
710
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
770
775
780
785
790
795
800
805
810
815
820
825
830
835
840
845
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
900
905
910
915
920
925
930
935
940
945
950
955
960
965
970
975
980
985
990
995
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
1040
1045
1050
1055
1060
1065
1070
1075
1080
1085
1090
1095
1100
1105
1110
1115
1120
1125
1130
1135
1140
1145
1150
1155
1160
1165
1170
1175
1180
1185
1190
1195
1200
1205
1210
1215
1220
1225
1230
1235
1240
1245
1250
1255
1260
1265
1270
1275
1280
1285
1290
1295
1300
1305
1310
1315
1320
1325
1330
1335
1340
1345
1350
1355
1360
1365
1370
1375
1380
1385
1390
1395
1400
1405
1410
1415
1420
1425
1430
1435
1440
1445
1450
1455
1460
1465
1470
1475
1480
1485
1490
1495
1500
1505
1510
1515
1520
1525
1530
1535
1540
1545
1550
1555
1560
1565
1570
1575
1580
1585
1590
1595
1600
1605
1610
1615
1620
1625
1630
1635
1640
1645
1650
1655
1660
1665
1670
1675
1680
1685
1690
1695
1700
1705
1710
1715
1720
1725
1730
1735
1740
1745
1750
1755
1760
1765
1770
1775
1780
1785
1790
1795
1800
1805
1810
1815
1820
1825
1830
1835
1840
1845
1850
1855
1860
1865
1870
1875
1880
1885
1890
1895
1900
1905
1910
1915
1920
1925
1930
1935
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
2055
2060
2065
2070
2075
2080
2085
2090
2095
2100
2105
2110
2115
2120
2125
2130
2135
2140
2145
2150
2155
2160
2165
2170
2175
2180
2185
2190
2195
2200
2205
2210
2215
2220
2225
2230
2235
2240
2245
2250
2255
2260
2265
2270
2275
2280
2285
2290
2295
2300
2305
2310
2315
2320
2325
2330
2335
2340
2345
2350
2355
2360
2365
2370
2375
2380
2385
2390
2395
2400
2405
2410
2415
2420
2425
2430
2435
2440
2445
2450
2455
2460
2465
2470
2475
2480
2485
2490
2495
2500
2505
2510
2515
2520
2525
2530
2535
2540
2545
2550
2555
2560
2565
2570
2575
2580
2585
2590
2595
2600
2605
2610
2615
2620
2625
2630
2635
2640
2645
2650
2655
2660
2665
2670
2675
2680
2685
2690
2695
2700
2705
2710
2715
2720
2725
2730
2735
2740
2745
2750
2755
2760
2765
2770
2775
2780
2785
2790
2795
2800
2805
2810
2815
2820
2825
2830
2835
2840
2845
2850
2855
2860
2865
2870
2875
2880
2885
2890
2895
2900
2905
2910
2915
2920
2925
2930
2935
2940
2945
2950
2955
2960
2965
2970
2975
2980
2985
2990
2995
3000
3005
3010
3015
3020
3025
3030
3035
3040
3045
3050
3055
3060
3065
3070
3075
3080
3085
3090
3095
3100
3105
3110
3115
3120
3125
3130
3135
3140
3145
3150
3155
3160
3165
3170
3175
3180
3185
3190
3195
3200
3205
3210
3215
3220
3225
3230
3235
3240
3245
3250
3255
3260
3265
3270
3275
3280
3285
3290
3295
3300
3305
3310
3315
3320
3325
3330
3335
3340
3345
3350
3355
3360
3365
3370
3375
3380
3385
3390
3395
3400
3405
3410
3415
3420
3425
3430
3435
3440
3445
3450
3455
3460
3465
3470
3475
3480
3485
3490
3495
3500
3505
3510
3515
3520
3525
3530
3535
3540
3545
3550
3555
3560
3565
3570
3575
3580
3585
3590
3595
3600
3605
3610
3615
3620
3625
3630
3635
3640
3645
3650
3655
3660
3665
3670
3675
3680
3685
3690
3695
3700
3705
3710
3715
3720
3725
3730
3735
3740
3745
3750
3755
3760
3765
3770
3775
3780
3785
3790
3795
3800
3805
3810
3815
3820
3825
3830
3835
3840
3845
3850
3855
3860
3865
3870
3875
3880
3885
3890
3895
3900
3905
3910
3915
3920
3925
3930
3935
3940
3945
3950
3955
3960
3965
3970
3975
3980
3985
3990
3995
4000
4005
4010
4015
4020
4025
4030
4035
4040
4045
4050
4055
4060
4065
4070
4075
4080
4085
4090
4095
4100
4105
4110
4115
4120
4125
4130
4135
4140
4145
4150
4155
4160
4165
4170
4175
4180
4185
4190
4195
4200
4205
4210
4215
4220
4225
4230
4235
4240
4245
4250
4255
4260
4265
4270
4275
4280
4285
4290
4295
4300
4305
4310
4315
4320
4325
4330
4335
4340
4345
4350
4355
4360
4365
4370
4375
4380
4385
4390
4395
4400
4405
4410
4415
4420
4425
4430
4435
4440
4445
4450
4455
4460
4465
4470
4475
4480
4485
4490
4495
4500
4505
4510
4515
4520
4525
4530
4535
4540
4545
4550
4555
4560
4565
4570
4575
4580
4585
4590
4595
4600
4605
4610
4615
4620
4625
4630
4635
4640
4645
4650
4655
4660
4665
4670
4675
4680
4685
4690
4695
4700
4705
4710
4715
4720
4725
4730
4735
4740
4745
4750
4755
4760
4765
4770
4775
4780
4785
4790
4795
4800
4805
4810
4815
4820
4825
4830
4835
4840
4845
4850
4855
4860
4865
4870
4875
4880
4885
4890
4895
4900
4905
4910
4915
4920
4925
4930
4935
4940
4945
4950
4955
4960
4965
4970
4975
4980
4985
4990
4995
5000
5005
5010
5015
5020
5025
5030
5035
5040
5045
5050
5055
5060
5065
5070
5075
5080
5085
5090
5095
5100
5105
5110
5115
5120
5125
5130
5135
5140
5145
5150
5155
5160
5165
5170
5175
5180
5185
5190
5195
5200
5205
5210
5215
5220
5225
5230
5235
5240
5245
5250
5255
5260
5265
5270
5275
5280
5285
5290
5295
5300
5305
5310
5315
5320
5325
5330
5335
5340
5345
5350
5355
5360
5365
5370
5375
5380
5385
5390
5395
5400
5405
5410
5415
5420
5425
5430
5435
5440
5445
5450
5455
5460
5465
5470
5475
5480
5485
5490
5495
5500
5505
5510
5515
5520
5525
5530
5535
5540
5545
5550
5555
5560
5565
5570
5575
5580
5585
5590
5595
5600
5605
5610
5615
5620
5625
5630
5635
5640
5645
5650
5655
5660
5665
5670
5675
5680
5685
5690
5695
5700
5705
5710
5715
5720
5725
5730
5735
5740
5745
5750
5755
5760
5765
5770
5775
5780
5785
5790
5795
5800
5805
5810
5815
5820
5825
5830
5835
5840
5845
5850
5855
5860
5865
5870
5875
5880
5885
5890
5895
5900
5905
5910
5915
5920
5925
5930
5935
5940
5945
5950
5955
5960
5965
5970
5975
5980
5985
5990
5995
6000
6005
6010
6015
6020
6025
6030
6035
6040
6045
6050
6055
6060
6065
6070
6075
6080
6085
6090
6095
6100
6105
6110
6115
6120
6125
6130
6135
6140
6145
6150
6155
6160
6165
6170
6175
6180
6185
6190
6195
6200
6205
6210
6215
6220
6225
6230
6235
6240
6245
6250
6255
6260
6265
6270
6275
6280
6285
6290
6295
6300
6305
6310
6315
6320
6325
6330
6335
6340
6345
6350
6355
6360
6365
6370
6375
6380
6385
6390
6395
6400
6405
6410
6415
6420
6425
6430
6435
6440
6445
6450
6455
6460
6465
6470
6475
6480
6485
6490
6495
6500
6505
6510
6515
6520
6525
6530
6535
6540
6545
6550
6555
6560
6565
6570
6575
6580
6585
6590
6595
6600
6605
6610
6615
6620
6625
6630
6635
6640
6645
6650
6655
6660
6665
6670
6675
6680
6685
6690
6695
6700
6705
6710
6715
6720
6725
6730
6735
6740
6745
6750
6755
6760
6765
6770
6775
6780
6785
6790
6795
6800
6805
6810
6815
6820
6825
6830
6835
6840
6845
6850
6855
6860
6865
6870
6875
6880
6885
6890
6895
6900
6905
6910
6915
6920
6925
6930
6935
6940
6945
6950
6955
6960
6965
6970
6975
6980
6985
6990
6995
7000
7005
7010
7015
7020
7025
7030
7035
7040
7045
7050
7055
7060
7065
7070
7075
7080
7085
7090
7095
7100
7105
7110
7115
7120
7125
7130
7135
7140
7145
7150
7155
7160
7165
7170
7175
7180
7185
7190
7195
7200
7205
7210
7215
7220
7225
7230
7235
7240
7245
7250
7255
7260
7265
7270
7275
7280
7285
7290
7295
7300
7305
7310
7315
7320
7325
7330
7335
7340
7345
7350
7355
7360
7365
7370
7375
7380
7385
7390
7395
7400
7405
7410
7415
7420
7425
7430
7435
7440
7445
7450
7455
7460
7465
7470
7475
7480
7485
7490
7495
7500
7505
7510
7515
7520
7525
7530
7535
7540
7545
7550
7555
7560
7565
7570
7575
7580
7585
7590
7595
7600
7605
7610
7615
7620
7625
7630
7635
7640
7645
7650
7655
7660
7665
7670
7675
7680
7685
7690
7695
7700
7705
7710
7715
7720
7725
7730
7735
7740
7745
7750
7755
7760
7765
7770
7775
7780
7785
7790
7795
7800
7805
7810
7815
7820
7825
7830
7835
7840
7845
7850
7855
7860
7865
7870
7875
7880
7885
7890
7895
7900
7905
7910
7915
7920
7925
7930
7935
7940
7945
7950
7955
7960
7965
7970
7975
7980
7985
7990
7995
8000
8005
8010
8015
8020
8025
8030
8035
8040
8045
8050
8055
8060
8065
8070
8075
8080
8085
8090
8095
8100
8105
8110
8115
8120
8125
8130
8135
8140
8145
8150
8155
8160
8165
8170
8175
8180
8185
8190
8195
8200
8205
8210
8215
8220
8225
8230
8235
8240
8245
8250
8255
8260
8265
8270
8275
8280
8285
8290
8295
8300
8305
8310
8315
8320
8325
8330
8335
8340
8345
8350
8355
8360
8365
8370
8375
8380
8385
8390
8395
8400
8405
8410
8415
8420
8425
8430
8435
8440
8445
8450
8455
8460
8465
8470
8475
8480
8485
8490
8495
8500
8505
8510
8515
8520
8525
8530
8535
8540
8545
8550
8555
8560
8565
8570
8575
8580
8585
8590
8595
8600
8605
8610
8615
8620
8625
8630
8635
8640
8645
8650
8655
8660
8665
8670
8675
8680
8685
8690
8695
8700
8705
8710
8715
8720
8725
8730
8735
8740
8745
8750
8755
8760
8765
8770
8775
8780
8785
8790
8795
8800
8805
8810
8815
8820
8825
8830
8835
8840
8845
8850
8855
8860
8865
8870
8875
8880
8885
8890
8895
8900
8905
8910
8915
8920
8925
8930
8935
8940
8945
8950
8955
8960
8965
8970
8975
8980
8985
8990
8995
9000
9005
9010
9015
9020
9025
9030
9035
9040
904

- 13 -

lungspartner ist für alle Ausführungsformen der Erfindung besonders bevorzugt.

Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, dass die Hydroxyethylstärke ein 5 mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) von 1-300 kDa, wobei ein mittleres Molekulargewicht von 5 bis 200 kDa besonders bevorzugt ist. Hydroxyethylstärke kann ferner einen molaren Substitutionsgrad von 0,1-0,8 und ein Verhältnis von C₂:C₆- 10 Substitution im Bereich von 2-20, jeweils bezogen auf die Hydroxyethylgruppen, aufweisen.

Für die Kopplung des Wirkstoffes an die HAS kann es in einem ersten Schritt notwendig sein, eine aktive Gruppe in den Wirkstoff und/oder in die HAS einzuführen. Entsprechende aktive 15 Gruppen können beispielsweise Thiol- oder Aminogruppen sein (vgl. Beispiele).

Ferner können Wirkstoff und HAS unter Verwendung eines Linkers aneinander gekoppelt werden. Als Linker kann ein beliebiges 20 Vernetzungsmittel eingesetzt werden. Zahlreiche Vernetzungsmittel, wie beispielsweise SMCC (Succinimidyl-4-(N-maleimido-methyl)cyclohexan-1-carboxylat; vgl. Beispiel 7), sind kommerziell erhältlich und dem Fachmann geläufig (vgl. alphabetische Liste der "Cross-linking Reagents" im Produktkatalog der 25 Firma Perbio und www.piercenet.com).

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind wasserlösliche, einen Aminozucker aufweisende Antibiotika-Derivate, insbesondere HAS-Daunorubicin und HAS-Doxorubicin- 30 Konjugate, sowie Verfahren zu deren Herstellung, soweit in DE 101 29 369 offenbart, nicht von der vorliegenden Erfindung umfaßt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform betrifft die vorliegende 35 Erfindung Verbindungen, die ein Konjugat aus HAS und einem antineoplastischen Wirkstoff umfassen und deren Verwendung zur Behandlung von Tumoren.

- 14 -

Tumorzellen unterscheiden sich von normalen Körperzellen u.a. dadurch, daß die Tumorzellen einer physiologischen Wachstumskontrolle entzogen sind und daher eine gesteigerte Zellteilungsrate aufweisen. Die therapeutische Verwendung antineoplastischer Wirkstoffe bei der Tumortherapie basiert auf diesem Unterschied, da sich die toxische Aktivität antineoplastischer Wirkstoffe primär gegen proliferierende Zellen richtet. Verbindungen werden daher als antineoplastische Wirkstoffe oder Zytostatika bezeichnet, wenn sie eine toxische Aktivität gegen proliferierende Zellen aufweisen (Grundlagen der Onkologie und gegenwärtige Therapieansätze werden beispielsweise in Internistische Onkologie, Schmoll et al. (Herausg.), Springer, 1996, zusammengefaßt).

Chemisch können die antineoplastischen Wirkstoffe einer sehr heterogenen Gruppe zugeordnet werden. Neben der Proliferationshemmung gewinnt in der Diskussion der letzten Jahre die Apoptoseinduktion, der programmierte Zelltod, an Bedeutung. Eine Klassifikation der antineoplastischen Wirkstoffe kann beispielsweise über die kritischen Zielmoleküle erfolgen (Schmoll et al., a.a.O.):

- (1) Verbindungen, welche die DNS-Biosynthese hemmen, beispielsweise durch Antimetaboliten, wie MTX, 5-FU, Ara-C oder Hydroxyharnstoff.
- (2) Verbindungen, welche auf die DNS einwirken, beispielsweise durch Induktion von Strangbrüchen, Interkalation, Veränderung der Zwischenstrangvernetzung, Topoisomerasegifte, wie Alkylantien, Platinkomplexe Anthrazykline, Bleomycin, Actinomycin D oder Epipodophyllotoxine.
- (3) Verbindungen, welche auf die RNS einwirken, beispielsweise durch Blockade der mRNS Synthese durch Interkalation oder Einbau in die RNS, darunter Anthrazykline, Bleomycin, Actinomycin D oder Antimetabolite.
- (4) Verbindungen, welche auf Proteine einwirken, beispielsweise auf der Ebene der Rezeptorbindung (z.B. Hormone oder Antagonisten), durch Inhibition der Tubulinpolymerisation (z.B. mittels Vincaalkaloiden), durch Proteinvernetzung

- 15 -

(z.B. mittels Alkylantien) oder Phosphorylierung (z.B. mittels Proteinkinase-C-Inhibitoren).

Aufgrund der antineoplastischen Aktivität weisen alle Wirkstoffe
5 erhebliche Nebenwirkungen auf, die sich primär als Hemmung rasch
proliferierender Gewebe bemerkbar machen. So ist insbesondere die
Erythro-, Leuko- und Thrombopoese gehemmt, sowie das Wachstum der
Schleimhautepithelien beeinträchtigt. Als Folge können gastrointestinale
10 Störungen oder irreversible Beeinträchtigungen der
Spermatogenese bzw. Anovulation eintreten. Auch die Haut und
Hautanhangsgebilde sind regelmäßig betroffen, beispielsweise
erleiden viele Patienten einen reversiblen Haarausfall.

In schweren Fällen können die Nebenwirkungen bis hin zu akutem
15 Nierenversagen und toxisch bedingten Organschädigungen an Herz,
Lunge, Leber und Nervensystem führen. Schließlich muß als Folge
der immunsuppressiven Wirkung mit einer gehäuften Anzahl von
Infektionen gerechnet werden.

20 Die Herstellung und Erforschung von Konjugaten, die einen anti-
neoplastischen Wirkstoff enthalten, war daher auf das Ziel
gerichtet, die Verträglichkeit des Wirkstoffes zu verbessern. Für
diesen Zweck sind verschiedene antineoplastische Wirkstoffe an
Makromoleküle, beispielsweise an Dextran gekoppelt worden (vgl.
25 Kojima et al., J.Pharm.Pharmakol., Vol. 32 (1980), S.30-34;
Nakane et al., J.Pharm.Pharmakol., Vol.40 (1988), S.1-6; Nomura
et al., J.Controlled Release, Vol.52 (1998), S.239-252; Sato et
al., J.Pharm.Sci., Vol.78 (1989), S.11-16). Eine verbesserte
30 Antitumorwirkung der Konjugate konnte in einigen Fällen festge-
stellt werden.

Alternativ dazu wurden Wirkstoffe, wie Mitomycin C, auch an N-
Succinylchitosan (Song et al., J.Controlled Release, Vol.42
(1996), S.93-100), Carboxymethylchitin (Song et al.,
35 Arch.Pract.Pharm. Vol.53 (1993), S.141-147) und an Oligopeptide
gekoppelt (Soyez et al., J.Controlled Release, Vol.47 (1997),
S.71-80). In der Mehrzahl der Analysen wurde wiederum eine ver-

- 16 -

besserte Antitumoraktivität der Konjugate im Vergleich zu dem einzelnen antineoplastischen Wirkstoff beobachtet.

Erfindungsgemäß wurde nunmehr überraschenderweise festgestellt,
5 dass HAS-Wirkstoff-Konjugate, welche einen antineoplastischen Wirkstoff umfassen, eine verbesserte toxische Wirkung gegenüber Tumorzellen und/oder eine verringerte Toxizität für andere Zellen aufweisen. Die Konjugate ermöglichen damit eine größere therapeutische Breite.

10

Die Plasma-Halbwertszeit der Konjugate wird signifikant verlängert. Dies ermöglicht ein Durchbrechen der Reparaturmechanismen in Tumor-Zellen durch längere Exposition. Gleichzeitig ermöglicht die vorliegende Erfindung ein langsameres Anfluten, 15 insbesondere in gesundem Gewebe, wodurch eine geringere Peak-Konzentration und eine verbesserte Verträglichkeit für den Patienten erreicht wird.

Für die Herstellung der erfindungsgemäßen Konjugate kann ein
20 beliebiger antineoplastischer Wirkstoff verwendet werden. Die antineoplastischen Wirkstoffe können beispielsweise aus den Gruppen bestehend aus Alkylantien, Antimetaboliten, Antibiotika oder Naturstoffen ausgewählt werden.

25 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem antineoplastischen Wirkstoff um Mitomycin C, Cyclophosphamid, Bleomycin, Chlorambucil, Cisplatin, Ara-C, Fludarabin, Doxorubicin, Etoposid, 5-FU, MTX, Vinblastin, Vincristin, Vindesin, Hydroxyurea, 6-MP oder CCNU.

30

Die Verwendung von Mitomycin C als Wirkstoff ist besonders bevorzugt. Mitomycin C gehört zur Gruppe der Antibiotika und enthält eine Aziridin- sowie eine Chinon-Gruppe und einen Mitosan-Ring. Der Wirkstoff wird zur Behandlung von Nierenzellkarzinomen, bei Blasentumoren und bei anderen urologischen Erkrankungen eingesetzt. Die Verbindung erlangt ihre Aktivität erst nach Metabolisierung in hypoxischen (also bevorzugt Tumor-)

- 17 -

Zellen durch intrazelluläre enzymatische oder spontane chemische Reduktion des Chinons und Verlust der Methoxy-Gruppe. An diese Methoxy-Gruppe kann HAS bevorzugt über einen Linker gekoppelt werden. Nach Abspaltung des Substituenten in der Zelle liegt 5 intrazellulär der gleiche Wirkstoff vor, der eine alkylierende Vernetzung der DNA bewirkt und dadurch eine toxische Wirkung entfaltet. Alternativ dazu könnte HAS auch an eine der beiden NH₂-Gruppen gekoppelt werden. Mitomycin C weist eine typische Gewebe-Spezifität auf. Erfundungsgemäß ist es bevorzugt, dass 10 diese Spezifität - insbesondere für exkretorische Organe - durch HAS-Kopplung erhöht wird.

Der antineoplastische Wirkstoff kann erfundungsgemäß nach beliebigen Verfahren an HAS gekoppelt werden. Eine spezifische 15 Kopplung an die reduzierenden Endgruppen der HAS ist jedoch bevorzugt, da durch dieses Vorgehen ein definiertes Konjugat erzeugt wird.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird Hydroxyethylstärke 20 an die Methoxy-Gruppe des Mitomycin C gekoppelt. Dabei kann die Kopplung an die Methoxy-Gruppe des Mitomycin C über einen Linker erfolgen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform betrifft die vorliegende 25 Erfindung Verfahren zur Herstellung einer Verbindung, die ein Konjugat aus HAS und einem antineoplastischen Wirkstoff umfaßt. Das Verfahren umfaßt Schritte, bei denen man HAS entweder unmittelbar oder über einen Linker kovalent an einen antineoplastischen Wirkstoff koppelt und das Konjugat isoliert.

30 Ferner betrifft die Erfindung pharmazeutische Zusammensetzungen, welche eine Verbindung umfassen, die ein Konjugat aus HAS und einem antineoplastischen Wirkstoff aufweisen. Die pharmazeutische Zusammensetzung kann ferner einen pharmazeutisch verträglichen 35 Träger und/oder ein Zytokin umfassen. Das Zytokin ist vorzugsweise IL-2, α -Interferon, γ -Interferon.

- 18 -

Die pharmazeutische Zusammensetzung kann in einer beliebigen im Stand der Technik bekannten Applikationsform vorliegen. Beispielsweise kann die Zusammensetzung unter Umständen zur oralen oder parenteralen Verabreichung formuliert sein. Die Formulierung 5 der Zusammensetzung erfolgt nach im Stand der Technik üblichen Verfahren. Neben dem Wirkstoff enthält die Zusammensetzung üblicherweise einen pharmazeutisch verträglichen Träger und einen oder mehrere Hilfsstoffe, sowie gegebenenfalls Konservierungsmittel, Lösungsvermittler, etc.

10

Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung einer Verbindung, die ein Konjugat aus HAS und einem antineoplastischen Wirkstoff umfaßt, zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von Tumoren und/oder deren Metastasen, insbesondere zur Behandlung von urologischen Tumoren und/oder Metastasen urologischer Tumore, zur Behandlung von Metastasen des Nierenzellkarzinoms, oder zur Behandlung lymphatischer Systemerkrankungen, wie beispielsweise CLL, Hodgkin-Lymphom, NHL, multiples Myelom, Morbus Waldenström. Auch gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung kann das Arzneimittel ferner ein Zytokin, beispielsweise IL-2, α -Interferon, γ -Interferon, umfassen.

Die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von urologischen Tumoren und/oder Metastasen urologischer Tumore, beispielsweise zur Behandlung von Metastasen des Nierenzellkarzinoms ist besonders bevorzugt. Eine kurative Therapie des Nierenzellkarzinoms ist zur Zeit weder mit einer Kombinations-Chemotherapie noch mit Mitomycin C alleine zu erreichen. Dies kann an der ungünstigen 25 Pharmakokinetik der Verbindung liegen, da der Anteil der renalen Elimination nur bei ca. 18% liegt. Da HAS nahezu vollständig über die Nieren eliminiert wird, weist das Konjugat einen höheren Prozentsatz der renalen Elimination im Vergleich zu der nicht-konjugierten Substanz auf. Diese Ausführungsform der vorliegenden 30 Erfindung nutzt die intrazelluläre Zwischenspeicherung der HAS. Insbesondere hoch-substituierte HAS-Sorten (HAS 200/0,62) weisen eine verstärkte intrazelluläre Speicherung, im Extremfall sogar 35

- 19 -

eine Überladung auf. Dieses Phänomen ist auch im Bereich des proximalen Tubulus beobachtet worden (Peron et al., Clinical Nephrology, Vol. 55 (2001), S.408-411).

- 5 Gemäß dieser Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung somit eine Anreicherung eines antineoplastischen Wirkstoffs in bestimmten Zielzellen oder -geweben zur Verfügung. Die verbesserte Pharmakokinetik der Konjugate ermöglicht es somit bei niedrigeren systemischen Konzentrationen eine wesentlich höhere
- 10 Konzentration in den Zellen des Zielorgans zu erreichen. Diese medizinische Verwendung wird bevorzugt bei dem klarzelligen und dem chromophilen Nierenkarzinom eingesetzt, welche zusammen etwa 90% aller histologischen Typen ausmachen.
- 15 Gemäß einer alternativen Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung lymphatischer Systemerkrankungen, beispielsweise CLL, Hodgkin-Lymphom, NHL, multiples Myelom, Morbus Waldenström. Durch die erfindungsgemäße Kopplung
- 20 von HAS an einen antineoplastischen Wirkstoff wird die intrazelluläre Aufnahme der Wirkstoffe in Abhängigkeit der Kettenlänge und des Substitutionsgrads verlangsamt. Ferner haben radioaktive kinetische Untersuchungen gezeigt, dass HAS in bestimmten Organen, darunter lymphatische Organe, länger als im Gesamtkörper
- 25 gespeichert wird (vgl. Bepperling et al., Crit. Care, Vol.3, Suppl. 1 (1999), S.153). Es erfolgt somit eine Anreicherung der Konjugate in den Zielzellen, was eine verbesserte Pharmakokinetik bei geringerer systemischer Toxizität zur Folge hat.
- 30 Die Behandlung lymphatischer Systemerkrankungen unter Verwendung von Fludarabin als Wirkstoff ist bevorzugt. Fludarabin ist ein halogeniertes Adeninanalog, das gegenüber einer Deaminierung resistent ist.
- 35 Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von kutanen/lokalen primären Malignomen oder deren

- 20 -

Metastasen. Dabei werden zwei Effekte genutzt, die gezielte, gesteigerte Aufnahme durch die genannten Gewebe und der verzögerte Abtransport des HAS-Konjugates aus dem Gewebe. Beides führt zu einer Anreicherung des Konjugates in den Zielzellen.

5

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von hämatologischen Systemerkrankungen oder onkologischen Erkrankungen, beispielsweise von nicht-kleinzelligen und 10 kleinzelligen Bronchialkarzinomen, Mammakarzinomen, Ösophagus-Plattenepithekarzinomen, Nierenzellkarzinomen, Hodenkarzinomen, maligne Melanome, ALL oder CML. Insbesondere bei der Verwendung der Konjugate zur Behandlung des Nierenzellkarzinoms ergeben sich 15 Vorteile aufgrund der starken Anreicherung der Verbindung in dem betroffenen Gewebe durch die größere Hydrophilie des Konjugates und der daraus folgenden stärkeren renalen Elimination. Für diese Ausführungsform der Erfindung ist die Verwendung von Vindesin als Wirkstoff besonders bevorzugt.

20 Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels, wobei die Verbindung als Kombinationstherapie mit einem oder mehreren weiteren antineoplastischen Wirkstoffen oder Zytokinen eingesetzt wird. Die Kombinationstherapie kann durch Verabreichung eines 25 Mittels erfolgen, in dem alle Wirkstoffe vorliegen, oder durch Verabreichung von zwei verschiedenen oder mehr Mitteln, in denen jeweils ein Wirkstoff formuliert wurde.

Die vorliegende Erfindung stellt ferner Verfahren zur Herstellung 30 eines Arzneimittels zur Verfügung, das ein Zytokin und eine erfindungsgemäße Verbindung enthält und für neue Kombinations-therapien geeignet ist. Entsprechende Mittel sind insbesondere für die Behandlung des fortgeschrittenen Nierenzellkarzinoms geeignet.

35

Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden Konjugate aus HAS und einem antiarrhythmischen

- 21 -

Wirkstoff bereitgestellt, sowie deren Verwendung zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen.

Abweichungen in der zeitlichen Folge und Regelmäßigkeit der

5 Herzaktionen (Arrhythmien) von der normalen Herzfrequenz werden als Herzrhythmusstörungen bezeichnet. Die Abweichungen sind in der Mehrzahl der Fälle durch Erregungsbildungs- oder Erregungsleitungsstörungen des Herzens bedingt. Als antiarrhythmische Wirkstoffe oder Antiarrhythmika werden Substanzen bezeichnet, die

10 zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen, insbesondere bei ventrikulären Herzrhythmusstörungen geeignet sind.

Je nach Art der Wirkung der antiarrhythmischen Wirkstoffe unterscheidet man zwischen Natriumkanal-Blockern (Chinidin, Procaina-
15 mid, Disopyramid, etc.), Beta-Rezeptoren-Blockern (Atenolol, Propanolol, etc.), selektiven Repolarisationsverlängerern (Amiodaron, Sotalol, etc.), Calcium-Antagonisten (Verapamil, Gal-
lopamil, etc.) und Lokalanästhetika.

20 Die im Stand der Technik üblichen antiarrhythmischen Wirkstoffe, weisen jedoch teilweise eine kurze Wirkungszeit auf. Adenosin beispielsweise ist ein antiarrhythmischer Wirkstoff mit sehr kurzer Halbwertszeit. Die Wirkdauer dieses Stoffes beträgt nur wenige Minuten. Eine Verlängerung der Halbwertszeit und der
25 Wirkdauer ist in vielen Fällen notwendig.

Einige antiarrhythmische Wirkstoffe weisen zudem pro-arrhythmogene Nebenwirkungen, teilweise sogar eine erhöhte Mortalität, auf.

30 Die vorliegende Erfindung stellt unter anderem verbesserte antiarrhythmische Wirkstoffe zur Verfügung, die beispielsweise verlängerte Wirkdauer aufweisen. Erfindungsgemäß wurde überraschenderweise festgestellt, dass die HAS-Antiarrhythmika-Konjugate eine signifikant längere in vivo Plasma-Halbwertszeit
35 aufweisen und die Aktivität der Wirkstoffe durch die Kopplung an HAS nicht wesentlich beeinträchtigt wird.

- 22 -

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können beliebige anti-arrhythmische Wirkstoffe für die Herstellung der Konjugate verwendet werden. Der Wirkstoff kann aus der Gruppe bestehend aus Natriumkanal-Blocker, Beta-Rezeptoren-Blocker, selektive 5 Repolarisationsverlängerer, Calcium-Antagonisten und Lokalanästhetika ausgewählt werden. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Wirkstoff um Adenosin, Chinidin, Procainamid, Disopyramid, Lidocain, Phenytoin, Mexiletin, Ajamalin, Parjmalium, Propafenon, Atenolol, Propanolol, Amiodaron, Sotalol, Verapamil, Gallopamil 10 oder Diltiazem, wobei die Verwendung von Adenosin besonders bevorzugt ist.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erfolgt die Bindung zwischen dem antiarrhythmischen Wirkstoff und der HAS 15 über die reduzierenden Endgruppen der HAS.

Bei Verwendung von Adenosin kann dieser Wirkstoff beispielsweise über die Aminogruppe an die HAS gebunden werden, wobei eine Kopplung zwischen der Aminogruppe des Adenosin und der reduzierende 20 Endgruppe der HAS besonders bevorzugt ist. Bevorzugt ist eine Kopplungsvariante, bei der nach Metabolisierung (Absprung des HAS) natives Adenosin vorliegt.

Alternativ dazu kann der Wirkstoff über einen sogenannten Linker 25 an die HAS gekoppelt werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft ferner pharmazeutische Zusammensetzungen, welche eine der erfindungsgemäßen Verbindungen umfaßt. Die pharmazeutische Zusammensetzung umfaßt ferner 30 üblicherweise einen pharmazeutisch verträglichen Träger und kann beispielsweise für eine intravenöse Applikation formuliert sein.

Schließlich betrifft die Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels zur 35 Behandlung von Herzrhythmusstörungen, insbesondere zur Behandlung ventrikulärer Herzrhythmusstörungen.

- 23 -

Gemäß einer alternativen Ausführungsform betrifft die Erfindung die Verwendung einer erfindungsgemäßen Verbindung zur Herstellung eines Arzneimittels zur Induktion von Apoptose, beispielsweise in Tumorgeweben oder in inflammatorischen Geweben.

5

Die vorliegende Erfindung betrifft Verbindungen, die ein Konjugat aus HAS und einem antiinfektivem Wirkstoff, beziehungsweise einem Antibiotikum umfassen, sowie deren Verwendung zur Behandlung von Infektionserkrankungen.

10

Das Eindringen von Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen) in einen Makroorganismus (Pflanze, Tier, Mensch) und die Vermehrung in diesem wird als Infektion bezeichnet. Entstehung und Verlauf einer Infektionskrankheit hängen im wesentlichen von der Pathogenität des Mikroorganismus und von der Immunität des Makroorganismus ab.

Zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten werden seit Jahrzehnten antiinfektive Wirkstoffe als Chemotherapeutika eingesetzt.

20

Bereits 1928 wurde Penicillin anhand der Eigenschaft des Wirkstoffs, Staphylokokken-freie Zonen auf Kulturschalen zu bilden, von A. Flemings identifiziert. Penicillin war auch das erste Antibiotikum, das im industriellen Maßstab gewonnen werden konnte 25 und große Bedeutung in der klinischen Praxis erlangte.

Als Penicilline werden heute Wirkstoffe aus einer Gruppe von β -Laktam-Antibiotika bezeichnet, die von einem Pilz der Art Penicillium (z.B. P. chrysogenum und P. notatum) gebildet werden. Die 30 bakterizide Wirkung beruht auf der Blockierung der Synthese der Bakterienzellwand. Das Penicillin inaktiviert das bakterielle Enzym Transpeptidase, wodurch die Quervernetzung der Polysaccharidketten des Mureins der Zellwand verhindert wird.

35 Seit der Entdeckung wurden zahllose Wirkstoffe isoliert und synthetisiert, die das Wachstum von Mikroorganismen hemmen oder diese abtöten. Die meisten Antibiotika stammen von Streptomyces-

- 24 -

Arten (ca. 65%), die aus dem Boden isoliert wurden. Es wird angenommen, daß die Stoffe vom Mikroorganismus zur Unterdrückung von Konkurrenten im Boden benutzt werden.

5 Die Zahl der isolierten Antibiotika wird auf ca. 8000 geschätzt, von denen ca. 100 in der Medizin anwendbar sind. Eine Einteilung der Wirkstoffe in verschiedene Stoffklassen erfolgte nach unterschiedlichen Gesichtspunkten, beispielsweise nach chemischer Struktur oder Wirkungsmechanismus.

10

Inzwischen sind Antibiotika nicht nur für die Bekämpfung von Infektionskrankheiten, sondern auch als Immunodepressiva, Zystostatika in der Antitumortherapie, Pflanzenschutzmittel, zur Nahrungsmittel-Konservierung, als Masthilfsmittel in der Tier-15 fütterung, etc. zugelassen.

20 In den letzten Jahren traten zahlreiche gegen Antibiotika resistenten Stämme von Mikroorganismen auf. Dabei wurden neben einfach-resistanten auch häufiger mehrfach-resistente Stämme gefunden, welche die Bekämpfung bestimmter Krankheiten besonders erschweren.

Bei der Untersuchung der Aktivität verschiedener Antibiotika gegen bestimmte Erreger wurde festgestellt, daß einige der 25 Wirkstoffe (beispielsweise Amoxycillin oder Ampicillin) fast ausschließlich extrazellulär wirken (Scaglione et al., Chemotherapy, Vol.39 (1993), 416-423; Balland et al., J.Antimicrob. Chemother., Vol.37 (1996), 105-115). Diese Wirkstoffe lassen sich somit gegen Mikroorganismen, die primär intrazellulär vorliegen, 30 nicht einsetzen. Zur Verbesserung der intrazellulären Aktivität wurden Ampicillin-Nanopartikel hergestellt (vgl. Balland et al., a.a.O.).

35 Bei Infektionen wie Tuberkulose oder anderen Mykobakteriosen wäre eine Erweiterung des Spektrums der Behandlungsmöglichkeiten wegen der immer erforderlichen Kombinationstherapie wünschenswert. Bei anderen interzellulären Infektionen, wie der Chlamydien-Infek-

- 25 -

tion, die in ihrer möglichen Bedeutung für die Pathogenese der Arteriosklerose erst kürzlich erkannt wurde (Stille und Dittmann, Herz, Vol.23 (1998), S.185-192) könnten intrazelluläre, mit Depotwirkung versehene Antibiotika einen wesentlichen Fortschritt 5 in Therapie und Prophylaxe bedeuten.

Erfindungsgemäß wurde nunmehr überraschenderweise festgestellt, dass die Kopplung antiinfektiver Wirkstoffe an HAS zu einer Verbesserung der pharmakokinetischen Eigenschaften der Wirk- 10 stoffe, insbesondere zu einer verlängerten in vivo Halbwertszeit, einer verbesserten intrazellulären Aufnahme und/oder Wirksamkeit des Wirkstoffs führt.

Erfindungsgemäß kann ein beliebiger antiinfektiver Wirkstoff, 15 bzw. ein beliebiges Antibiotikum verwendet werden. Vorzugsweise wird ein Wirkstoff aus der Gruppe bestehend aus Aminopenicilline, Cephalosporine und Aminocephalosporine, Beta-Laktam-Antibiotika, Carbapeneme, Aminoglycoside, Tetracycline, Makrolid-Antibiotika, Gyrasehemmer, Glycopeptid-Antibiotika, Lincomycine, Streptogrami- 20 ne, Everninomycine, Oxazolidinone, Nitroimidazole, Sulfonamide, Co-trimoxazol, Lokalantibiotika, Virustatika, Antimycotika, Tu- berculostatika ausgewählt.

Dabei kann es sich beispielsweise um Ampicillin, Amoxicillin, 25 Cefotaxim, Ceftazidim, Vancomycin, Clindamycin, Metronidazol, Isoniazid, Rifympicin, Rifabutin, Rifapentin, Ethambutol, Pyra- cinamid, Streptomycin, Prothionamid oder Dapson handeln, wobei die Verwendung eines Aminopenicillins, wie Ampicillin, Amoxy- cillin, Makrolid oder von Streptomycin besonders bevorzugt ist.

30

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird als Wirkstoff ein Aminopenicillin eingesetzt, das unmittelbar über die Amino-Gruppe des Aminopenicillins kovalent an die Hydroxy- ethylstärke gekoppelt ist.

35

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird statt des Aminopenicil- lin ein Aminocephalosporin eingesetzt, wodurch eine verringerte

- 26 -

Allergenität erreicht wird. Als weitere Ausführungsformen kommen Makrolid-HAS Kopplungen infrage, dabei handelt es sich um Erythromycin oder ein Derivat davon, insbesondere Erythromycylamin. Alternativ dazu kann Streptomycin als Wirkstoff 5 verwendet werden.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erfolgt die Kopplung zwischen dem antiinfektiven Wirkstoff und der Hydroxyethylstärke über die reduzierenden 10 Endgruppen der Hydroxyethylstärke.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der antiinfektive Wirkstoff über einen Linker an die Hydroxyethylstärke gekoppelt.

15 Die vorliegende Erfindung umfaßt ferner pharmazeutische Zusammensetzungen, welche eine erfindungsgemäße Verbindung aufweisen. Üblicherweise enthalten die pharmazeutischen Zusammensetzungen ferner einen pharmazeutisch verträglichen Träger.

20 Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung einer der erfindungsgemäßen Verbindungen zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung einer Infektionskrankheit. Die pharmazeutische Zusammensetzung ist in besonderem Maße zur 25 Behandlung von Infektionserkrankungen geeignet, welche u.a. durch intrazelluläre Erreger verursacht werden. Dabei kann es sich um das gesamte Spektrum pathogener und fakultativ pathogener Erreger, z.B. bakterielle, virale oder parasitäre Erreger, Mykoplasmien, Mycobakterien, Chlamydien, Rickettsien, etc handeln.

30 In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung werden HAS-Nukleinsäure-Konjugate zur Verfügung gestellt. Derzeit werden Nukleinsäure-Bibliotheken in großem Umfang auf Nukleinsäuren durchsucht, die eine bestimmte Aktivität aufweisen. Eine 35 entsprechende Aktivität kann beispielsweise die Fähigkeit der Nukleinsäure sein, an bestimmte andere Nukleinsäuren, Rezeptoren oder virale Proteine zu binden. Durch die Bindung kann ein

- 27 -

biologisches Signal stimuliert oder inhibiert werden. Für diesen Zweck werden neben den natürlicherweise vorkommenden D-DNA- und D-RNA-Molekülen auch L-DNA- und L-RNA-Moleküle eingesetzt, die sich von den natürlicherweise vorkommenden Molekülen dadurch unterscheiden, dass sie L-Ribose oder L-Desoxyribose anstelle der entsprechenden D-Form als Bestandteile der Nukleinsäuren aufweisen (vgl. WO 98/08856). Im Rahmen der vorliegenden Erfindung konnte gezeigt werden, dass HAS-Nukleinsäure-Konjugate hergestellt werden können, welche die natürliche Funktionalität behalten (vgl. Beispiel 7).

Die vorliegende Erfindung stellt ferner Verfahren zur Herstellung kovalenter HAS-Wirkstoff-Konjugate zur Verfügung. Die Verfahren können in einem wässrigen oder organischen Reaktionsmedium durchgeführt werden, wobei jedoch die Durchführung der Kopplung in der wässrigen Phase bevorzugt ist.

Demgemäß werden Verfahren zur Herstellung eines kovalenten HAS-Wirkstoff-Konjugates zur Verfügung gestellt, bei denen man HAS und mindestens einen Wirkstoff in einem Reaktionsmedium miteinander umsetzt. Das Reaktionsmedium ist dadurch gekennzeichnet, dass es Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt, ist.

Das Reaktionsmedium des erfindungsgemäßen Verfahrens umfaßt mindestens 10 Gew.-%, bevorzugt mindestens 50 Gew.-%, insbesondere mindestens 80 Gew.-%, wie beispielsweise 90 Gew.-%, oder sogar bis zu 100 Gew.-%, Wasser, und dementsprechend höchstens 90% Gew.-%, bevorzugt höchstens 50 % Gew.-%, insbesondere höchstens 20 Gew.-%, beispielsweise 10 Gew.-%, oder sogar bis zu 0 Gew.-%, organisches Lösungsmittel. Die Reaktion findet also in einer wässrigen Phase statt. Das bevorzugte Reaktionsmedium ist Wasser.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist schon deshalb von Vorteil, weil nicht zwangsläufig toxikologisch bedenkliches Lösungsmittel eingesetzt werden muss und demzufolge bei dem erfindungsgemäß

- 28 -

hergestellten Produkt die Entfernung, auch geringer Reste toxikologisch bedenklicher Lösungsmittel entfällt, wie sie nach dem bekannten Verfahren immer zwingend ist, um die unerwünschte Verunreinigung mit Lösungsmittel zu vermeiden. Weiterhin kann die 5 nach dem bisherigen Verfahren notwendige zusätzliche Qualitätskontrolle auf Reste toxikologisch bedenklicher Lösungsmittel unterbleiben, weil das erfindungsgemäße Verfahren die Verwendung von toxikologisch nicht bedenklichen Lösungsmitteln bevorzugt. Erfindungsgemäss bevorzugte Lösungsmittel sind beispielsweise 10 toxikologisch unbedenkliche protische Lösungsmittel wie Ethanol oder Propylenglykol.

Weiterhin ist ein Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens, dass durch organische Lösungsmittel induzierte irreversible oder 15 reversible Strukturänderungen von Proteinen oder Peptiden grundsätzlich vermieden werden, die bei Verfahren in organischen Lösungsmitteln nicht systematisch ausgeschlossen werden können. Die nach den erfindungsgemässen Verfahren erhaltenen Polypeptide können demzufolge von den in DMSO hergestellten verschieden sein.

20 Erfindungsgemäß wurde ferner überraschenderweise festgestellt, dass eine Kopplung von HAS an Wirkstoffe in einer wässrigen Lösung vorgenommen werden kann, ohne dass dabei in nennenswertem Umfang Nebenreaktionen zu beobachten sind. Das erfindungsgemäße Verfahren führt somit unmittelbar zu verbesserten Produkten in großer Reinheit. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit 25 erstmals die einfache Herstellung von HAS-Wirkstoff-Konjugaten, in denen der Wirkstoff in aktiver Form vorliegt und die vorteilhaften Eigenschaften der HAS erhalten bleiben. Zur Isolierung 30 des HAS-Wirkstoff-Konjugates aus dem Reaktionsgemisch sind keine besonderen Verfahren erforderlich, da die Reaktion in der wässrigen Phase erfolgt, also nicht zwangsläufig organische Lösungsmittel abgereinigt werden müssen.

35 Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, dass HAS unmittelbar an eine ϵ -NH₂-Gruppe, α -NH₂-Gruppe, SH-Gruppe, COOH-Gruppe oder -C(NH₂)₂-Gruppe des Wirkstoffes bindet. Alternativ dazu kann eine weitere

- 29 -

reaktive Gruppe in HAS eingeführt werden oder die Bindung zwischen HAS und dem Wirkstoff über einen Linker erfolgen. Die Verwendung von entsprechenden Linkern zur Bindung von Wirkstoffen an PEG ist im Stand der Technik bekannt. Die Verwendung von 5 Aminosäuren, insbesondere Glycin, Alanin, Leucin, Isoleucin, und Phenylalanin, sowie von Hydrazin- und Oxyamin-Derivaten als Linker, wie in WO 97/38727 und EP 605 963 offenbart, ist bevorzugt.

10 Gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird HAS vor Bindung an den Wirkstoff oxidiert. Die Oxidation kann nach einem der im Stand der Technik bekannten Verfahren erfolgen, wobei eine selektive Oxidation der reduzierenden Endgruppen der HAS bevorzugt ist. Dieses Vorgehen ermöglicht 15 Verfahren, bei denen die oxidierte reduzierende Endgruppe der HAS mit einer Aminogruppe des Wirkstoffes unter Ausbildung eines Amids reagiert. Diese Ausführungsform weist den besonderen Vorteil auf, dass eine spezifische Bindung zwischen HAS und den Wirkstoffen und somit ein besonders homogenes Produkt erzielt 20 wird.

Dabei lässt man HAS mit oxidierten reduzierenden Endgruppen und den Wirkstoff vorzugsweise mindestens 12, besonders bevorzugt mindestens 24 Stunden miteinander reagieren. Ferner kann es 25 wünschenswert sein, einen beliebigen Aktivator, beispielsweise Ethyldimethyl-aminopropyl-Carbodiimid (EDC), zuzugeben. Das Mol-Verhältnis zwischen HAS und Wirkstoff während der Reaktion kann beliebig gewählt werden, liegt üblicherweise im Bereich von HAS:Wirkstoff von 20:1 bis 1:20, wobei ein Verhältnis von 6:1 bis 30 1:6 besonders bevorzugt ist. Die besten Ergebnisse wurden bei einem Mol-Verhältnis von HAS:Wirkstoff von etwa 2:1 erzielt.

Andere Kopplungsreaktionen zwischen einer Aminogruppe des Wirkstoffes und HAS sind selbstverständlich auch vom Umfang der 35 Erfindung umfaßt. Beispielsweise Verfahren, bei denen HAS und der Wirkstoff unmittelbar miteinander umgesetzt werden, wobei eine Schiff'sche Base zwischen HAS und Wirkstoff als Zwischenprodukt

- 30 -

entsteht. Die Azomethingruppe -CH=N- der Schiff'schen Base kann anschließend unter formaler Addition von <2H> zu einer Methylen-aminogruppe -CH₂-NH- reduziert werden. Für diese Reduktion kann der Fachmann eine Vielzahl von im Stand der Technik bekannten 5 Reduktionsmitteln verwenden, wobei die Reduktion mittels BH₃ besonders bevorzugt ist.

Die Kopplung des HAS kann an eine beliebige Gruppe des Wirkstoffes erfolgen. Die Kopplung wird vorzugsweise so vorgenommen, 10 dass das metabolisierte Konjugat mindestens 50%, vorzugsweise mindestens 75% der Aktivität des Wirkstoffes vor der Kopplung aufweist, wobei ein Erhalt von mindestens 95% der Aktivität besonders bevorzugt ist. Die Kopplungsreaktion kann natürlich auch so gesteuert werden, dass die Bindung des HAS ausschließlich 15 an eine oder mehrere bestimmte Gruppen des Wirkstoffes erfolgt, beispielsweise an Lysin- oder oder Cystein-Reste eines Peptids. Besondere Vorteile ergeben sich, wenn man HAS über die oxidierten reduzierenden Endgruppen an eine oder mehrere bestimmte Gruppen 20 des Wirkstoffes bindet, da bei einem entsprechenden Vorgehen homogene HAS-Wirkstoff-Konjugate erhalten werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung werden als Ausgangsstoffe für die Reaktion HAS und ein Protein oder ein Peptid eingesetzt. Dabei können 25 beliebige therapeutische oder diagnostische Proteine natürlichen oder rekombinannten Ursprungs verwendet werden. Eine Liste der derzeit auf dem Markt befindlichen Wirkstoffe rekombinanter Herstellung findet sich in Pharma Business, July/August 2000, Seiten 45 bis 60. Die vorliegende Erfindung umfaßt die Herstellung von HAS-Wirkstoff-Konjugaten, die irgend einen der in 30 dieser Veröffentlichung genannten Wirkstoffe umfassen.

Die Herstellung von Konjugaten unter Verwendung von Zytokinen, beispielsweise Interferonen, Interleukinen, Wachstumsfaktoren, 35 Enzymen, Enzym-Inhibitoren, Rezeptoren, Rezeptor-Fragmenten, Insulin, Faktor VIII, Faktor IX, Antibiotika (oder Antiinfektiva), Peptid-Antibiotika, viralen Hüll-Proteinen, Hämoglobinen,

- 31 -

Erythropoietin, Albuminen, hTPA, Antikörpern, Antikörperfragmente, Einzelketten-Antikörpern, DNA, RNA oder ein Derivat derselben ist besonders bevorzugt. Besondere Vorteile ergeben sich bei der Verwendung von rekombinannten Proteinen oder Peptiden

5 in dem erfindungsgemäßen Verfahren. Wie bereits ausgeführt, können entsprechende Proteine häufig aufgrund ihrer für Menschen antigenen Eigenschaften nicht als Wirkstoffe eingesetzt werden. Nach Kopplung an HAS durch die erfindungsgemäßen Verfahren verringert sich jedoch die Immunogenität der rekombinannten

10 Proteine, was den medizinische Einsatz am Menschen ermöglicht.

Besondere Vorteile ergeben sich ferner bei der Kopplung von HAS an kurzkettige Proteine und kleinere Peptide. Derzeit werden eine Vielzahl von Peptidbanken erstellt, beispielsweise Phagen-
15 Display-Banken, bei denen kurze Oligopeptide (beispielsweise 3- bis 20-mere) auf der Oberfläche von Phagen exprimiert werden. Ferner werden Antikörper aus einer einzigen Polypeptidkette (sogenannte "single chain antibodies", Einzelketten-Antikörper) in Bakterien oder auf der Oberfläche von Phagen exprimiert. Diese
20 Banken werden auf bestimmte Wirkstoff- oder Bindungs-Aktivität hin durchgesehen. Die therapeutische und diagnostische Verwendung entsprechender Peptid-Wirkstoffe oder Antikörper scheitert jedoch bislang daran, dass diese im Organismus aufgrund ihrer geringen Größe sehr schnell ausgeschieden werden (vgl. Chapman et al.,
25 1999, a.a.O.). Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren können diese Peptide vorteilhaft an HAS gekoppelt werden, und weisen eine in vivo Halbwertszeit auf, die eine Verwendung als Wirkstoff ermöglicht.

30 Alternativ zu den obigen Ausführungsformen kann als Wirkstoff ein Hormon, ein Steroidhormon, ein von Aminosäuren abgeleitetes Hormon oder ein von Fettsäuren abgeleitetes Hormon eingesetzt werden. Im Einzelfall mag es notwendig sein, eine aktive Gruppe, beispielsweise mittels Linker, in das Hormon vor der Bindung an
35 HAS einzuführen.

Erfindungsgemäß kann beliebige physiologisch verträgliche HES als Ausgangsmaterial verwendet werden. HES mit einem mittleren Molekulargewicht (Gewichtsmittel) von 1 bis 300 kDa, insbesondere von 1 bis 150 kDa ist bevorzugt. HES mit einem mittleren Molekulargewicht von 2 bis 40 kD ist besonders bevorzugt. HES weist vorzugsweise einen molaren Substitutionsgrad von 0,1 bis 0,8 und ein Verhältnis von C₂ : C₆-Substitution im Bereich von 2 bis 20, jeweils bezogen auf die Hydroxyethylgruppen, auf.

10 Die Erfindung betrifft ferner die nach den obigen Verfahren erhältlichen HAS-Wirkstoff-Konjugate. Diese Konjugate weisen vorteilhafte Eigenschaften auf, nämlich hohe Aktivität des Wirkstoffs, geringe Immunogenität, lange Verweilzeit im Körper und exzellente rheologische Eigenschaften, welche den medizinischen Nutzen der Konjugate steigern.

15

Demgemäß umfaßt die vorliegende Erfindung ebenfalls Verfahren zur Herstellung eines Arznei- oder Diagnosemittels, bei denen man ein HAS-Wirkstoff-Konjugat nach einem der obigen Verfahren herstellt und mit einem der im Stand der Technik bekannten, pharmazeutisch verträglichen Träger, Adjuvans oder Hilfsstoff vermischt, sowie nach diesem Verfahren erhältliche Arznei- oder Diagnosemittel.

Die medizinische Verwendung des entsprechenden Arzneimittels hängt von der Art des Wirkstoffs ab. Wird beispielsweise Hämoglobin als Wirkstoff eingesetzt, kann das Konjugat als Sauerstoff-Transport-Mittel verwendet werden. Wird andererseits ein Zytokin als Wirkstoff für die Herstellung verwendet, kann das Konjugat beispielsweise in der Tumorthерапie verwendet werden.

20

30 Die Konzentration des jeweils zu verwendenden Konjugates in dem Arzneimittel kann von jedem durchschnittlichen Fachmann ohne weiteres in Dosis-Wirkungstests ermittelt werden.

Die Diagnosemittel können in vivo oder in vitro zur Diagnose von Erkrankungen oder Störungen verwendet werden. Wenn als Wirkstoff ein Antikörper oder Antikörperfragment eingesetzt wird, eignet

- 33 -

sich das Konjugat beispielsweise für die Durchführung der im Stand der Technik üblichen ELISA-Nachweisverfahren.

5 In den Beispielen wurden die nachfolgend beschriebenen Materialien verwendet:

Humanes Serumalbumin: Sigma-Aldrich A3782

10 HES 130kD: Typ 130/0,5, hergestellt aus T91SEP
(Fresenius Kabi)
Daten: M_w : 130 000 \pm 20 000D
 M_n : 42 600 D

15 HES 10 kD: Typ HHH 4-2 (Fresenius Kabi)
Daten: M_w : 9 800 D
 M_n : 3 695 D

20 EDC: Sigma-Aldrich Nr. 16.146-2
(Ethyldimethyl-aminopropyl-Carbodiimid)

25 HOBt Sigma-Aldrich Nr. 15.726-0
(1-Hydroxy-1H-Benzotriazolhydrat)

DIG-Glykandektionskit: Roche-Boehringer Nr. 1142 372

30 Die folgenden Beispiele 1 bis 6 beschreiben die Kopplung von HSA und Diaminobutan an HES mit oxidierten reduzierenden Endgruppen oder die direkte Kopplung von HSA an HES. HSA und Diaminobutan sind dabei lediglich Beispiele für die oben definierten Wirkstoffe. Beispiel 7 beschreibt die Kopplung von Oligonukleotiden an HES.

35 Beispiel 1: Selektive Oxidierung der reduzierenden Endgruppen der Hydroxyethylstärke:

40 Für die selektive Oxidierung der reduzierenden Endgruppen der Hydroxyethylstärke (130 kD und 10 kD) wurde diese in einer minimalen Menge Wasser aufgelöst und mit einer verschiedenen Menge einer Iod-Lösung und einer KOH-Lösung versetzt.

Die Mischung wurde gerührt, bis die auf I₂ hinweisende Farbe verschwand. Diese Vorgehensweise wurde mehrfach wiederholt, um

- 34 -

die Zugabe einer größeren Menge der Iod-Lösung und KOH-Lösung zu erreichen. Die Lösung wurde anschließend über einen Amberlite IR 120 Na^+ Kationenaustauscherharz gereinigt, für 20 Stunden gegen destilliertes Wasser dialysiert (Dialyseröhrchen mit einer Ausschlußgrenze von 4-6 kD) und lyophyliert.

Der Grad der Oxidation wurde jeweils mittels des in Somogyi, N. (Method in Carbohydrate Chemistry, Vol. 1, (1962) S. 384-386) offenbarten Verfahrens ermittelt. Die Protokolle der Oxidationsreaktion sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

	Verfahren	HES (Mn)	Iod-Lsg. 0.1N	KOH-Lsg. 0.1N	Lösungs- mittel	Reaktionszeit	Ertrag
15	OXIDATION (1) HES 130	1 g $2.4 \times 10^{-5} \text{ mol}$	0.3 ml $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$	0.5 ml $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$	Wasser 4.0 ml	4 h 25°C	30.1%
	OXIDATION (2) HES 130	4 g $9.4 \times 10^{-5} \text{ mol}$	1.0 ml $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	1.5 ml $1.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	Wasser 6.0 ml	Ü. Nacht 25°C	24.8%
20	OXIDATION (3) HES 130	5 g $1.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$	1.2 ml $1.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$	1.5 ml $1.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	Wasser 7.5 ml	Ü. Nacht 25°C	24.3%
	OXIDATION (4) HES 130	5 g $1.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$	3.0 ml $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	4.5 ml $4.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	Wasser 7.5 ml	Ü. Nacht 25°C	60.8%
25	OXIDATION (5) HES 130	5 g $1.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$	4.0 ml $4.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	5 ml $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	Wasser 7.5 ml	Ü. Nacht 25°C	80.0%
	OXIDATION (6) HES 130	8 g $1.9 \times 10^{-4} \text{ mol}$	7.0 ml $7.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	11.5 ml $1.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Wasser 7.5 ml	Ü. Nacht 25°C	88.4%
30	OXIDATION (7) HES 130	10 g $2.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$	10 ml $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$	20 ml $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Wasser 7.5 ml	Ü. Nacht 25°C	100%
	OXIDATION (1) HES 10	5 g $1.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$	2.0 ml $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	2.0 ml $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	Wasser 10.0 ml	20 h 25°C	3.0%
35	OXIDATION (2) HES 10	5 g $1.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$	3.5 ml $3.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	4.5 ml $4.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	Wasser 10.0 ml	Ü. Nacht 25°C	5.3%
	OXIDATION (3) HES 10	15 g $4.1 \times 10^{-3} \text{ mol}$	21.0 ml $2.1 \times 10^{-3} \text{ mol}$	31.0 ml $3.1 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Wasser	Ü. Nacht 25°C	10.5%
40	OXIDATION (4) HES 10	8 g $2.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$	83.0 ml $8.3 \times 10^{-3} \text{ mol}$	180.0 ml $1.8 \times 10^{-2} \text{ mol}$	Wasser	Ü. Nacht 25°C	80.0%
	OXIDATION (5) HES 10	7 g $1.9 \times 10^{-3} \text{ mol}$	95.0 ml $9.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$	210.0 ml $2.1 \times 10^{-2} \text{ mol}$	Wasser	Ü. Nacht 25°C	100.0%
	OXIDATION (6) HES 10	6.4 g $1.7 \times 10^{-3} \text{ mol}$	50 ml 5.0×10^{-3}	150 ml 1.5×10^{-2}	Wasser	Ü. Nacht 25°C	100.0%

- 35 -

Tabelle 1: Oxidation der reduzierenden Endgruppen der HES (130 kD und 10 kD) unter verschiedenen Bedingungen

Die in dieser Tabelle zusammengefaßten Protokolle werden nach-
5 folgend für die Oxidation (6), HES 10 kD, im Detail wiederge-
geben: 6.4 g HES 10kD (1.7 mmol) wurden in einem Reaktionsgefäß
unter ständigem Rühren in wenigen ml Wasser gelöst. Dazu wurden
50 ml einer 0.1 N Jodlösung (5.0 mmol) und 150 ml einer 0.1 N
KOH-Lösung (15 mmol) gegeben. Diese Mischung wurde über Nacht bei
10 25°C stehen gelassen. Der Mix wurde mit Amberlite IR 120 (Na⁺-
Form) gereinigt und gegen Wasser dialysiert (Dialyseschlauch
Celluloseacetat; Cut-off 4 bis 6 kD). Das dialysierte Produkt
wurde lyophilisiert (Heraeus-Christ Alpha, Kaltentrocknung über
Nacht).

15

Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, wurde eine vollständige Oxidation
der reduzierenden Endgruppen (entspricht Ertrag 100%) der HES 130
kD erzielt, nachdem die Iod-Menge von $3,0 \times 10^{-5}$ mol bis auf
 $1,0 \times 10^{-3}$ mol erhöht wurde.

20

Für eine vollständige Oxidation der reduzierenden Endgruppen der
HES 10 kD war eine weitere Steigerung der Iod-Menge auf eine
Konzentration von mehr als $2,1 \times 10^{-3}$ mol notwendig.

25

**Beispiel 2: Bindung von HES mit oxidierten reduzierenden End-
gruppen an HSA in wässriger Phase:**

Für die Kopplung wurde Hydroxyethylstärke mit oxidierten reduzie-
30 renden Endgruppen (ox-HES) und HSA vollständig in Wasser gelöst.
Als die Lösung klar war, wurde Ethyldimethyl-aminopropyl-
Carbodiimid (EDC) in Wasser gelöst zugegeben. Nach Aktivierung
durch EDC bei gemäßigtem Rühren wurden weitere Mengen an EDC
zugegeben. Die Reaktion wurde gegebenenfalls mit HOBt aktiviert
35 und über Nacht stehengelassen. Das Produkt wurde durch Dialyse
gegen destilliertes Wasser für 15 Stunden gereinigt und an-
schließend lyophilisiert (nachfolgend als Verfahren A bezeichnet).

- 36 -

Die Protokolle der Kopplungsreaktion finden sich in Tabelle 2.

	Verfahren A	HSA	ox-HES (Mn)	EDC	HOBt	Lösungs- mittel	Akti- vier.	Reaktion
5	Kopplung I ox-HES 130	300 mg 4.4×10^{-6} mol	100 mg (1) 2.4×10^{-6} mol	25 mg 1.6×10^{-4} mol	100 mg 7.7×10^{-4} mol	H ₂ O/Dioxan 13 ml/2 ml	1.5 h 3-4°C	4 h 25°C
	Kopplung II ox-HES 130	100 mg 1.5×10^{-6} mol	300 mg (2) 7.0×10^{-6} mol	15 mg 9.7×10^{-5} mol	100 mg 7.7×10^{-4} mol	H ₂ O/Dioxan 10 ml/3 ml	1.5 h 3-4°C	0. Nacht 25°C
	Kopplung III ox-HES 130	200 mg 3.0×10^{-6} mol	3.8 g (5) 8.9×10^{-6} mol	46.5 mg 3.0×10^{-4} mol	20 mg 1.5×10^{-4} mol	H ₂ O/Dioxan 10 ml/3 ml	0 h	24 h 25°C
10	Kopplung IV ox-HES 130	100 mg 1.5×10^{-6} mol	1.9 g (5) 4.5×10^{-6} mol	25 mg 1.6×10^{-4} mol	20 mg 1.5×10^{-4} mol	Wasser	1.5 h 3-4°C	0. Nacht 25°C
	Kopplung V ox-HES 130	200 mg 3.0×10^{-6} mol	4.3 g (5) 1.0×10^{-4} mol	100 mg 6.0×10^{-4} mol	0 mg	Wasser	0 h	0. Nacht 25°C
15	Kopplung VI ox-HES 130	100 mg 1.5×10^{-6}	130 mg (7) 3.0×10^{-6} mol	50 mg 3.0×10^{-4} mol	0 mg	Wasser 5ml + 10ml	0 h	5 h 25°C
	Kopplung VII ox-HES 10	100 mg 1.5×10^{-6}	130 mg (7) 3.0×10^{-6} mol	200 mg 3.0×10^{-4} mol	0 mg	Wasser 5ml + 2x 10ml	0 h	24 h 25°C
20	Kopplung I ox-HES 10	100 mg 1.5×10^{-6} mol	300 mg (1) 8.1×10^{-6} mol	5 mg 3.0×10^{-5} mol	100 mg 7.7×10^{-4} mol	H ₂ O/Dioxan 13 ml/2 ml	1.5 h 3-4°C	0. Nacht 25°C
	Kopplung II ox-HES 10	70 mg 1.0×10^{-6} mol	1.0 g (2) 2.7×10^{-6} mol	15.5 mg 1.0×10^{-5} mol	0 mg	Wasser	10 ml 0 h	0. Nacht 25°C
	Kopplung III ox-HES 10	200 mg 3.0×10^{-6} mol	3.0 g (3) 8.1×10^{-6} mol	77.5 mg 5.0×10^{-5} mol	20 mg 1.5×10^{-4} mol	Wasser	0 h	6 h 25°C
25	Kopplung IV ox-HES 10	50 mg 7.4×10^{-7} mol	7.4 g (4) 2.0×10^{-6} mol	282 mg 1.5×10^{-3} mol	0 mg	Wasser	0 h	0. Nacht 25°C
	Kopplung V ox-HES 10	100 mg 1.5×10^{-6} mol	103 g (6) 2.8×10^{-5} mol	93 mg 5.6×10^{-4} mol	0 mg	Wasser 4 ml	0 h	20 h 25°C
30	Kopplung VI ox-HES 10	100 mg 1.5×10^{-6} mol	103 g (6) 2.8×10^{-5} mol	200 mg 1.2×10^{-3} mol	0 mg	Wasser 3x5 ml	0 h	30 h 25°C

- Zugabe der EDC-Lösung mit einem Tropftrichter innerhalb von 60 Min.

Tabelle 2: Kopplungsreaktionen zwischen HES (130 kD und 10 kD) mit oxidierten reduzierenden Endgruppen und HSA unter verschiedenen Bedingungen (Verfahren A; Zahl in der Klammer in Spalte HES gibt das Oxidationsverfahren nach Tabelle 1 wieder)

Die Kopplungsreaktion VII zwischen ox-HES 130 kD und HSA wird im folgenden im Detail erläutet: In einem Rundkolben wurden 130 mg ox-HES 130 kD (Oxidationsgrad ca. 100%) und 100 mg HSA unter Rühren in ca. 5 ml Wasser bei Raumtemperatur gelöst. Sobald die Lösung klar war, wurden 200 mg EDC in 3 Portionen jeweils in 5-10

- 37 -

ml Wasser gelöst über einen Zeitraum von einer Stunde zugetropft. Zwischen jeder Zugabe ließ man ca. 4 h bei Raumtemperatur röhren. Nach 24 h Reaktionszeit wurde das Gemisch gegen Wasser dialysiert (Dialyseschlauch Celluloseacetat; Cutoff 4-6 kD). Anschließend 5 wurde das Produkt lyophilisiert.

Beispiel 3: Direkte Bindung von HES an HSA in wässriger Phase:

10 Das Prinzip dieser Reaktion basiert auf der Bildung von Schiff'schen Basen zwischen HES und Aminogruppen des Proteins, wobei die Reaktion durch die Reaktion der Schiff'schen Base zu dem entsprechenden Amin mittels NaBH_4 gesteuert wird (nachfolgend als Verfahren B bezeichnet).

15 Dafür wurde HES vollständig in wenig Wasser gelöst. Dazu wurde in Boratpuffer, pH 9.0, gelöstes HSA gegeben. Zu dieser Lösung wurde NaBH_4 gegeben und bei Raumtemperatur unter Röhren belassen. Ein weiteres Aliquot von HES 130 kD, gefolgt von weiterem NaBH_4 , 20 wurden zugegeben. Nach Abschluß der Reaktion wurde wie beschrieben dialysiert und gefriergetrocknet.

Die Protokolle der einzelnen Versuche sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

25

Verfahren B	HSA	HES (Mn)	NaBH_4	Puffer pH	Reaktionszeit
Kopplung I HES 130	50 mg $7.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$	500 mg $1.2 \times 10^{-5} \text{ mol}$	500 mg $1.3 \times 10^{-2} \text{ mol}$	Na_2HPO_4 , 0 ml 7.4	48 h 25°C
Kopplung II HES 130	100 mg $1.5 \times 10^{-6} \text{ mol}$	1.0 g $2.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$	60 mg $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Na_2HPO_4 , 1 ml 7.4	20 h 25°C
Kopplung III HES 130	50 mg $7.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$	9.8 g $2.3 \times 10^{-4} \text{ mol}$	285 mg $7.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Na_2HPO_4 , 1 ml 7.4	36 h 25°C
Kopplung IV HES 130	50 mg $7.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$	2.0 g $4.7 \times 10^{-5} \text{ mol}$	180 mg $4.7 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Borat 0.1M 9.0	30 h 25°C
Kopplung V HES 130	50 mg $7.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$	4.0 g $9.4 \times 10^{-5} \text{ mol}$	60 mg $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Borat 0.1M 9.0	100 h 25°C
Kopplung I HES 10	50 mg $7.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$	2.8 g $9.4 \times 10^{-5} \text{ mol}$	28 mg $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$	Borat 0.1M 9.0	80 h 25°C

40

Tabelle 3: Direkte Kopplung zwischen HES (130 kD und 10 kD) und HSA unter verschiedenen Bedingungen (Verfahren B)

5 Im Einzelnen wurden für die Kopplung der HES 130 kD 2.0 g dieser Verbindung vollständig in Wasser gelöst (ca. 5 ml). Dazu wurden 50 mg in 1 ml 0.1 M Boratpuffer, pH 9,0, gelöstes HSA gegeben. Zu dieser Lösung wurden 30 mg NaBH₄ gegeben und unter Röhren bei Raumtemperatur belassen. Nach 18 h wurde ein weiteres Aliquot von
 10 10 g HES 130 kD, gefolgt von weiteren 30 mg NaBH₄, zugegeben. Nach insgesamt 100 h Reaktionszeit wurde dialysiert und gefriergetrocknet (Kopplung V, HES 130 kD).

Für die Kopplung der HES 10 kD wurden 1.4 g dieser Verbindung
 15 komplett in Wasser gelöst (ca. 5 ml). Dazu wurden 50 mg in 1 ml 0,1 M Boratpuffer, pH 9,0, gelöstes HSA gegeben. Zu dieser Lösung wurden 14 mg NaBH₄ gegeben und unter Röhren bei Raumtemperatur belassen. Nach 18 h wurde ein weiteres Aliquot von 1.4 g HES 10 kD, gefolgt von weiteren 14 mg NaBH₄, zugegeben. Nach insgesamt 80
 20 h Reaktionszeit wurde dialyisiert und gefriergetrocknet (Kopplung I, HES 10 kD).

Beispiel 4 Analyse der Kopplungsprodukte mittels GPC:

25 Die Reaktionsprodukte wurden zunächst unter Verwendung von Gel-Permeations-Chromatographie (GPC) analysiert.

4.1 Für die GPC wurde ein FPLC-Gerät (Pharmacia), welches mit
 30 einem HPLC UV Monitor (Hitachi) verbunden war, verwendet. Ferner wurden die folgenden Bedingungen verwendet:

35 Säule: Superose 12 HR 10/30 (1x30 cm) (Pharmacia)
 UV-Monitor: 280 nm
 Pumpe: 0,2 ml/min
 Puffer: 50 mM Phosphat/150 mM NaCl pH 7,2.

Unter diesen Bedingungen wird der HSA-Peak üblicherweise nach 63 min gefunden, wobei zusätzlich ein kleiner Peak bei

- 39 -

etwa 57 min gemessen werden kann, der durch HSA-Dimere verursacht wird. Die mittels GPC erhaltenen Chromatogramme lassen sich wie folgt analysieren:

5 4.2 Fig. 1 ist ein Chromatogramm, das die Größenverteilung der Produkte nach Kopplung von ox-HES 130 kD an HSA (Kopplung III) zeigt. Bei diesem Kopplungsverfahren wurden ohne HOBT-Aktivierung sehr gute Ergebnisse erzielt. Ein deutlicher, einzelner breiter Peak wurde bei 37 Min. und eine weitere, 10 kleinere Bande bei 45 Min. gemessen, was auf ein Kopplungsprodukt mit höherem Molekulargewicht als HSA hinweist. Gleichzeitig wurden Spuren von nicht-modifiziertem HSA gefunden.

15 Fig. 2 zeigt die Größenverteilung der Produkte nach Kopplung von ox-HES 130 kD an HSA (Kopplung IV). Die Reaktion wurde mit HOBT aktiviert. Es zeigt sich, dass diese Aktivierung die Ausbeute verringert, möglicherweise durch Förderung von Nebenreaktionen.

20 Die Fig. 3 und 4 zeigen die Größenverteilung der Reaktionsprodukte während und nach der Kopplungsreaktion von ox-HES 130 kD an HSA (Kopplung V). Nach 2 Stunden Reaktionszeit wurde nicht-modifiziertes HSA als Produkt mit der höchsten Konzentration, daneben aber auch erste Kopplungsprodukte mit höherem Molekulargewicht gefunden. Nach Ablauf der Reaktion wurde ein homogenes Kopplungsprodukt mit einer Retentionszeit von ca. 35 Min. in hoher Konzentration gefunden. Nicht-modifiziertes HSA und andere Kopplungsprodukte lagen in 25 relativ geringer Konzentration vor.

30 35 Fig. 5 zeigt die entsprechende Größenverteilung der Reaktionsprodukte während und nach der Kopplungsreaktion von ox-HES 10 kD an HSA (Kopplung V). Auch hier zeigt sich, dass die Konzentration der Kopplungsprodukte mit einem Molekulargewicht, das oberhalb des Gewichtes von HSA liegt, im Verlauf der Reaktion zunimmt.

Eine Kopplungsreaktion, bei der nahezu alle HSA-Moleküle in ein homogenes Kopplungsprodukt überführt werden konnten, wird schließlich in Fig. 6 gezeigt (Reaktionsprodukte der Kopplung VII).

5

4.2 Ein Beispiel für die Chromatogramme, die bei der Analyse der direkten Kopplung von HES an HSA erhalten wurden, wird in Fig. 7 gezeigt (Verfahren B, HES 130 kD, Kopplung V). Ein deutlicher Peak bei ca. 65 Min. (HSA) ist zu erkennen. 10 Darüber hinaus wurde aber auch ein Kopplungsprodukt nachgewiesen (Peak bei ca. 42 Min.).

10

Beispiel 5 Analyse der Kopplungsprodukte mittels SDS-PAGE und
15 Western Blot:

5.1 PAGE wurde in Gegenwart von Natriumdodecylsulfat (SDS) unter Verwendung eines Miniprotean II Gerätes der Firma Biorad und 20 7,5 % Acrylamidgele durchgeführt. Die Durchführung der Elektrophorese erfolgte nach den Vorschriften des Herstellers. Die Gele wurden nach dem Verfahren von Blum (Electrophoresis, Vol. 8, (1997) S. 93-99) mit Silber gefärbt, um Proteine sichtbar zu machen.

25 Die Gegenwart von Glykanen in den Kopplungsprodukten wurde mittels Western-Blot und Glykan-Detektions-Kit der Firma Roche-Boehringer nachgewiesen. Nach Auftrennung der Produkte mittels SDS-PAGE wurden diese unter Verwendung des Blotting-Gerätes der Miniprotean II Elektrophoreseeinheit auf eine 30 Nitrocellulosemembran überführt. Die Membran wurde anschließend mittels Periodat unter Bedingungen oxidiert, bei denen lediglich die vicinalen OH-Gruppe oxidiert werden. Diese wurden anschließend mit einem Amino-funktionalisierten Digoxygenin umgesetzt. Gebundenes Digoxygenin wurde mittels 35 spezifischer monoklonaler Antikörper, welche an eine alkaline Phosphatase gebunden waren, nachgewiesen. Dafür wurde ein Substrat der Phosphatase (4-Nitro-tetrazolium-

- 41 -

chlorid/5-Brom-4-chlor-3-indolylphosphat) zugegeben, welches ein schwerlösliches blau-violettes Produkt erzeugt. Dieses Produkt schlägt sich auf der Membran nieder und lässt somit die Banden sichtbar werden. Nicht-modifiziertes HSA und Kreatinase wurden als Negativkontrollen eingesetzt, während Transferrin als Positivkontrolle fungierte.

10 Die genauen Verfahrensschritte sind im Beipackzettel zu diesem Kit beschrieben (Roche-Boehringer).

15 5.2 Die Fig. 8 und 9 zeigen jeweils eine Aufnahme des Silber-gefärbten SDS-PAGE-Gels (oben) und die Aufnahme der entsprechenden Produkte nach Übertragung auf eine Membran und Glykannachweis (unten). Wie sich aus diesen Figuren entnehmen lässt, entsteht während der Kopplungsreaktion ein relativ homogenes Glykan als Reaktionsprodukt, während gleichzeitig die Konzentration an nicht-modifiziertem HSA abnimmt.

20 Beispiel 6 Abklärung möglicher Nebenreaktionen:

Zur Klärung, ob Nebenreaktionen in Form einer Selbstkondensation von HES mit oxidierten reduzierenden Endgruppen erfolgen, wurden folgende Reaktionsansätze erstellt:

25

	ox-HES	EDC	HOBt	Wasser	Reaktionszeit
HES 130 kD	500 mg 1.2×10^{-5} mol	15 mg 7.8×10^{-5} mol	-	5.0 ml	30 h 25 °C
HES 130 kD	500 mg 1.2×10^{-5} mol	15 mg 7.8×10^{-5} mol	gesättigte Lösung	5.0 ml	30 h 25 °C
HES 10 kD	100 mg 2.7×10^{-5} mol	3.4 mg 1.8×10^{-5} mol	-	5.0 ml	30 h 25 °C
HES 10 kD	100 mg 2.7×10^{-5} mol	3.4 mg 1.8×10^{-5} mol	gesättigte Lösung	5.0 ml	30 h 25 °C
HES 130 kD	700 mg 1.6×10^{-5} mol	31 mg 1.6×10^{-4} mol	-	5.0 ml	30 h 25 °C
HES 130 kD	700 mg 1.6×10^{-5} mol	31 mg 1.6×10^{-4} mol	gesättigte Lösung	5.0 ml	30 h 25 °C

- 42 -

Tabelle 4: Reaktionsansätze zur Abklärung von Nebenreaktionen

Ziel der Experimente war es, nachzuweisen, inwieweit eine mögliche Selbstkondensation von HES in Gegenwart oder Abwesenheit 5 von HOBt stattfindet. Die Proben wurden lyophilisiert und analysiert.

Mittels GPC und Streulichtmessungen konnten innerhalb der Detektionsgrenzen von einigen Prozent keine Hinweise auf 10 Molekulargewichtsvergrößerungen gefunden werden.

Beispiel 7: Kopplung von oxidiertem HES an DNA und Analyse der Funktionalität der Kopplungsprodukte

15 **Reaktionsprinzip:**

Eine schematische Darstellung der Reaktion findet sich in Fig. 10. Im ersten Schritt reagiert die Aminogruppe der Amin-HES12KD 3 mit der N-Hydroxysuccinimid-gruppe des SMCC 4 zum Konjugat 5. Durchs Zentrifugieren mit dem Zentrifugen-Dialyseinsatz wird 20 nicht reagiertes SMCC 4 abgetrennt. Die Maleimid-Gruppe des Konjugats 5 reagiert dann mit der Thiol-Gruppe der Thio-DNA 1 zum dem gewünschten Produkt 6. Der in 6 fett markierte Bereich ist nur ein Spacer und kann jede Gestalt haben.

25 Die Überprüfung der biologischen Aktivität des Konjugates 6 erfolgte über die Spaltung durch das Restriktionsenzym EcoR1. Ein Restriktionsenzym schneidet nur doppelsträngige DNA mit intakter Erkennungssequenz.

30 **DNA:**

Verwendet wurde doppelsträngige DNA, synthetisiert von MWG Biotech AG, Ebersberg. Die Sequenzen der Einzelstränge lauten:

SEQ ID NO. 1: 5' - GTAGAGACAGGAGGCAGCAGTTGAATT CGCAGGGT -

35 GAGTAGCAGTAGAGC-3' ;

SEQ ID NO. 2: 5' - GCTCTACTGCTACTCACCCCTGCGAATT -
CAACTGCTGCCTCCTGTCTAC-3' ;

- 43 -

modifiziert mit 5' Thiol C6 S-S durch MWG (vgl. Fig.10).

Die beiden DNA Einzelstränge wurden in bidest. Wasser in einer Konzentration von je 2 μ g/ μ l gelöst und im Verhältnis 1 : 1 bei 5 96°C zu einer doppelsträngigen Thio-DNA 1 mit einer Konzentration von 2 μ g/ μ L hybridisiert.

Analyse der Produkte:

Die Analyse erfolgte durch Gelelektrophorese in einem 4% Agarose-10 Gel mit einem TBE-Laufpuffer aus 45 mM Tris-Borat, 1mM EDTA, pH 8.0 von je 1 μ g DNA in Gegenwart von 50 μ g Ethidiumbromid pro 100 ml Gel. Die Fotos wurden aufgenommen mit einem CCD-System Modular (INTAS Imaging Instruments, Göttingen, D) und einem UV-Transilluminator UVT-20 S/M/L (Herolab GmbH, Wiesloch, D) bei 312 nm.

15

Vom Reaktionsgemisch wurden 1 μ L (1 μ g DNA) abgenommen und geschnitten mit 1 μ L (20 U) EcoR1- Restriktionsenzym (New England Biolabs GmbH, Schwalbach/Taunus, D), 1 μ L Reaktionspuffer (50 mM Natriumchlorid, 100 mM Tris-HCl, 10 mM Magnesiumchlorid, 0,025% 20 Triton X-100, pH 7.5 von New England Biolabs) und 7 μ L bidest. Wasser bei 37°C für 3h.

Modifikation der HES

Die Oxidation von HES12KD (Fresenius, Charge 2540SR2.5P) mit 25 einem mittleren Molgewicht von 12000 g/mol mit Iod-Lösung zum Oxo-HES12KD 2 wurde nach den in DE 19628705 offenbarten Verfahren durchgeführt.

Reaktion von 1,4-Diaminobutan mit Oxo-HES12KD 2:

30 1,44 g (0,12 mmol) des Oxo-HES12KD 2 wurden in ml wasserfreiem Dimethylsulfoxid (DMSO) gelöst, unter Stickstoff zu einer Lösung aus 1.5 ml (1,50 mmol)-1,4 Diaminobutan getropft und bei 40°C für 19 h gerührt. Das Reaktionsgemisch wurde zu einem Gemisch aus 80 ml Ethanol und 80 ml Aceton gegeben. Der gebildete Niederschlag 35 wurde abzentrifugiert und in 40 ml Wasser aufgenommen. Die Lösung wurde für 4 Tage gegen Wasser dialysiert (SnakeSkin Dialyse-schlauch, 3.5 KD cut off, Perbio Science Deutschland GmbH, Bonn,

- 44 -

D) und anschließend gefriergetrocknet. Die Ausbeute betrug 80% (1.06 g) Amino-HES12KD 3.

Kopplung von Amino-HES12KD 3 an Thio-DNA 1.

5 Zu 400 μ L einer 10 mg/mL-Lösung aus Amino-HES12KD 3 in einem Puffer aus 10 mM Natriumphosphat und 150 mM Natriumchlorid, pH 7.44, wurden 1 mg SMCC 4 gelöst in 50 μ L wasserfreiem DMSO gegeben und das Gemisch 80 min bei Raumtemperatur und 10 min bei 46°C behandelt. Dann wurde das Gemisch abzentifugiert, der
 10 Überstand vom Niederschlag abgenommen und erneut zentrifugiert. Vom Überstand wurden 200 μ l abgenommen und 45 min bei 14000 g mit einem MICROCON YM-3 (Amicon, Millipore GmbH, Eschborn, D) Zentrifugen-Dialyseinsatz zentrifugiert. Nach Zugabe von 400 μ L Puffer aus 10 mM Natriumphosphat und 150 mM Natriumchlorid, pH
 15 7.44 wurde erneut für 45 min zentrifugiert, weitere 400 μ L Puffer zugegeben und 60 min zentrifugiert. Die im Dialyseinsatz verbliebene Menge an Konjugatlösung wurde auf 50 μ L aufgefüllt. Von dieser Lösung wurden 10 μ L zu 10 μ L der Thio-DNA-Lösung 1 gegeben und 14 h bei Raumtemperatur reagieren lassen. Zur Analyse
 20 wurden 1 μ L abgenommen. Die Ergebnisse zeigt Fig. 11 in Bahn 2 und 3.

Die Reaktionsbedingungen für den beschriebenen Versuch und für Versuche mit abgewandelten Reaktionsbedingungen sind in der
 25 Tabelle 1 zusammengefasst und die Ergebnisse im Fig. 11 dargestellt.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Es wurden folgende Bedingungen untersucht:

30 1. Menge an SMCC: 1 mg (Bahnen 2, 6, 10, 14) bzw. 5.6 mg (Bahnen 4, 8, 12, 16);
 2. Temperatur für die Reaktion mit der Thio-DNA 1: Raumtemperatur (Bahnen 2, 4, 6, 8) bzw. 37°C (Bahnen 10, 12, 14, 16);
 35 3. Pufferbedingungen: 10 mM Phosphat, 150 mM NaCl ohne EDTA, pH 7.44 (Bahnen 2, 4, 10, 12) bzw;

- 45 -

100 mM Phosphat, 150 mM NaCl + 50 mM EDTA, pH 7,23 (Bahnen 6, 8, 14, 16)

In Figur 11, Bahnen 2-18 sind die Ergebnisse der 8 Kopplungsversuche von Amino-HES12KD 3 an die Thio-DNA 1 mit Hilfe von SMCC dargestellt. Dabei sind die Ergebnisse direkt aus der Reaktion bzw. nach der Reaktion und anschließendem Schneiden der DNA nebeneinander dargestellt. In Bahn 1 ist ein Gemisch verschiedener Referenz-DNAs als Längenmarker aufgetragen und die Bahnen 18 und 19 zeigen Thio-DNA 1 bzw. geschnittene Thio-DNA 1. Alle Versuche zeigen zusätzlich zu noch nicht umgesetzter Thio-DNA 1 Kopplungsprodukte bei höheren Massen (Bahnen 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16). Da HES12KD ein Gemisch unterschiedlich großer Moleküle ist, zeigen auch die Kopplungsprodukte eine Molekulargewichtsverteilung. Alle Kopplungsprodukte enthalten intakte DNA, da sie von EcoR1 vollständig verdaut werden können. Dies zeigt sich im fast vollständigen Verschwinden der entsprechenden diffusen Banden nach dem Schneiden (Bahnen 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17).

20 Tabelle 1: Reaktionsbedingungen der Kopplung von Amino-HES12KD 3
an die Thio-DNA 1

Bahn	Versuch	Temp (°C)	SMCC [mg]	DNA	HES12KD	Puffer	
25	1 Marker						
	2 19A1	RT		1 Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.44, 10mM	
	3						geschnitten
	4 19B1	RT	5.6	Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.44, 10mM	
	5						geschnitten
30	6 19C1	RT		1 Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.23, 100mM	
	7						geschnitten
	8 19D1	RT	5.6	Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.23, 100mM	
	9						geschnitten
	10 19A2	37°C		1 Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.44, 10mM	
	11						geschnitten
35	12 19B2	37°C	5.6	Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.44, 10mM	
	13						geschnitten
	14 19C2	37°C		1 Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.23, 100mM	
	15						geschnitten
40	16 19D2	37°C	5.6	Thio-DNA	Amino-HES12KD	7.23, 100mM	
	17						geschnitten
	18			Thio-DNA			
	19						geschnitten

Patentansprüche

1. HAS-Wirkstoff-Konjugat, erhältlich durch Verfahren zur Herstellung eines kovalenten HAS-Wirkstoff-Konjugates, bei dem man HAS und einen Wirkstoff in einem Reaktionsmedium miteinander umsetzt, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt, ist.
2. Verbindung, die ein Konjugat aus einer HAS und einem Wirkstoff umfaßt, wobei die HAS entweder unmittelbar oder über einen Linker kovalent an den Wirkstoff gebunden ist.
3. Verbindung gemäß Anspruch 1 oder 2, in welcher der Wirkstoff ein Vitamin, Impfstoff, Toxin, Antibiotikum, Antiarrythmikum, Appetitzügler, Anästhetikum, Analgetikum, Antirheumatum, Antiallergikum, Antiasthmatikum, Antidepressivum, Antidiabetikum, Antihistaminikum, Antihypertonikum, oder ein antineoplastisches Mittel ist.
4. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, in welcher der Wirkstoff ein Hormon, Steroid, Lipid, Protein, Oligo- oder Polypeptid oder eine Nukleinsäure, insbesondere eine D- oder L-Nukleinsäure, wie beispielsweise eine D-DNA, L-DNA, D-RNA oder L-RNA ist.
5. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher der Wirkstoff ein Enzym, Enzym-Inhibitor, Rezeptor, Rezeptor-Fragment, Insulin, Faktor VIII, Faktor IX, Zytokin, Interferon, Interleukin, Wachstumsfaktor, Peptid-Antibiotikum, virales Hüll-Protein, Hämoglobin, Erythropoietin, Albumin, hTPA, Antikörper, Antikörperfragment, Einzelketten-Antikörper oder ein Derivat davon ist.

- 47 -

6. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in welcher der Wirkstoff ein Steroidhormon, ein von Aminosäuren abgeleitetes Hormon oder ein von Fettsäuren abgeleitetes Hormon ist.
7. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in die HAS an die ϵ -NH₂-Gruppe, an die α -NH₂-Gruppe, an die SH-Gruppe an eine COOH-Gruppe oder an eine -C(NH₂)₂-Gruppe eines Wirkstoffes bindet.
8. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der die HAS Hydroxyethylstärke ist und vorzugsweise ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) von 1 bis 300 kDa, vorzugsweise von 5 bis 200 kDa, aufweist.
9. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der die Hydroxyethylstärke einen molaren Substitutionsgrad von 0,1 bis 0,8 und ein Verhältnis von C₂ : C₆-Substitution im Bereich von 2 bis 20, jeweils bezogen auf die Hydroxyethylgruppen, aufweist.
10. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der der antineoplastische Wirkstoff aus der Gruppe bestehend aus Alkylantien, Antimetaboliten, Antibiotika oder Naturstoffen ausgewählt wurde.
11. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der der antineoplastische Wirkstoff Mitomycin C, Cyclophosphamid, Bleomycin, Chlorambucil, Cisplatin, Ara-C, Fludarabin, Doxorubicin, Etoposid, 5-FU, MTX, Vinblastin, Vincristin, Vindesin, Hydroxyurea, 6-MP oder CCNU ist.
12. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der der antineoplastische Wirkstoff an die reduzierenden Endgruppen der Hydroxyethylstärke gebunden ist.

- 48 -

13. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der der antineoplastische Wirkstoff Mitomycin C ist.
14. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der Hydroxyethylstärke an die Methoxy-Gruppe des Mitomycin C gekoppelt ist.
15. Verbindung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, in der Hydroxyethylstärke über einen Linker an die Methoxy-Gruppe des Mitomycin C gekoppelt ist.
16. Pharmazeutische Zusammensetzung, welche eine Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 aufweist.
17. Pharmazeutische Zusammensetzung gemäß Anspruch 16, die ferner einen pharmazeutisch verträglichen Träger aufweist.
18. Pharmazeutische Zusammensetzung gemäß Anspruch 16 oder 17, die zusätzlich ein Zytokin umfaßt.
19. Pharmazeutische Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, in der das Zytokin IL-2, α -Interferon oder γ -Interferon ist.
20. Verwendung einer Verbindung gemäß einem der Ansprüche 10-15 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von Tumoren und/oder deren Metastasen.
21. Verwendung gemäß Anspruch 20 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von urologischen Tumoren und/oder Metastasen urologischer Tumore.
22. Verwendung gemäß Anspruch 21 zur Herstellung eines Arzneimittels wobei das Arzneimittel zur Behandlung des Nierenzellkarzinoms oder zur Behandlung von Metastasen des Nierenzellkarzinoms verwendet wird.

- 49 -

23. Verwendung gemäß Anspruch 22 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung des klarzelligen oder chromophilen Nierenzellkarzinoms oder Metastasen derselben.
24. Verwendung gemäß Anspruch 20, wobei das Arzneimittel zur Behandlung lymphatischer Systemerkrankungen verwendet wird.
25. Verwendung gemäß Anspruch 24, bei der die lymphatische Systemerkrankung CLL, Hodgkin-Lymphom, NHL, multiples Myelom, Morbus Waldenström ist.
26. Verwendung gemäß Anspruch 25, wobei als antineoplastischer Wirkstoff Fludarabin verwendet wird.
27. Verwendung gemäß Anspruch 20, bei der der Tumor ein kutanes/lokales primäres Malignom oder dessen Metastasen ist.
28. Verwendung gemäß Anspruch 27, bei der der Tumor eine hämatologische Systemerkrankung oder eine onkologische Erkrankung ist, beispielsweise ein nicht-kleinzeliges und kleinzelliges Bronchialkarzinom, Mammakarzinom, Ösophagus-Plattenepithelkarzinom, Nierenzellkarzinom, Hodenkarzinom, malignes Melanom, ALL oder CML ist.
29. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 28, bei der das Arzneimittel ferner ein Zytokin umfaßt.
30. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 29, bei der das Zytokin IL-2, α -Interferon oder γ -Interferon ist.
31. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiarrhythmische Wirkstoff aus der Gruppe bestehend aus Natriumkanal-Blocker, Beta-Rezeptoren-Blocker, selektive Repolarisationsverlängerer, Calcium-Antagonisten und Lokalanästhetika ausgewählt wurde.

- 50 -

32. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiarrhythmische Wirkstoff Adenosin, Chinidin, Procainamid, Disopyramid, Lidocain, Phenytoin, Mexiletin, Ajamalin, Parjmalium, Propafenon, Atenolol, Propanolol, Amiodaron, Sotalol, Verapamil, Gallopamil oder Diltiazem ist.
33. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiarrhythmische Wirkstoff an die reduzierenden Endgruppen der Hydroxylethylstärke gebunden ist.
34. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiarrhythmische Wirkstoff Adenosin ist..
35. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiarrhythmische Wirkstoff Adenosin ist, welcher über die Aminogruppe an Hydroxylethylstärke gebunden ist.
36. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiarrhythmische Wirkstoff über einen Linker an die Hydroxyethylstärke gekoppelt ist.
37. Pharmazeutische Zusammensetzung, welche eine Verbindung gemäß einem der Ansprüche 31 bis 36 umfaßt.
38. Pharmazeutische Zusammensetzung gemäß Anspruch 37, die ferner einen pharmazeutisch verträglichen Träger umfaßt.
39. Verwendung einer Verbindung gemäß einem der Ansprüche 31-36 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen, insbesondere ventrikulären Herzrhythmusstörungen.
40. Verwendung einer Verbindung gemäß einem der Ansprüche 37-36 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Induktion von Apoptose, wobei die Apoptose bevorzugt in Tumorgewebe induziert wird.

- 51 -

41. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der Wirkstoff ein antiinfektiver Wirkstoff beziehungsweise ein Antibiotikum ist, vorzugsweise aus der Gruppe bestehend aus Aminopenicilline, Cephalosporine und Aminocephalosporine, Beta-Laktam-Antibiotika, Carbapeneme, Aminoglycoside, Tetracycline, Makrolid-Antibiotika, Gyrasehemmer, Glycopeptid-Antibiotika, Lincomycine, Streptogramine, Everninomycine, Oxazolidinone, Nitroimidazole, Sulfonamide, Co-trimoxazol, Lokalantibiotika, Virustatika, Antimycotika, Tuberulostatika, ausgewählt.
42. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiinfektive Wirkstoff Ampicillin, Amoxicillin, Cefotaxim, Ceftazidim, Vancomycin, Clindamycin, Metronidazol, Isoniazid, Rifampicin, Rifabutin, Rifapentine, Ethambutol, Pyrazinamid, Streptomycin, Prothionamid oder Dapson ist.
43. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiinfektive Wirkstoff ein Aminopenicillin, wie Ampicillin, Amoxycillin, Makrolid oder Streptomycin ist.
44. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der Wirkstoff ein Aminopenicillin ist und die kovalente Kopplung unmittelbar an Hydroxyethylstärke über die Amino-Gruppe des Aminopenicillins erfolgt.
45. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiinfektive Wirkstoff Erythromycin oder ein Derivat davon ist.
46. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der das Erythromycin-Derivat Erythromycylamin ist
47. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiinfektive Wirkstoff Streptomycin ist.

- 52 -

48. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiinfektive Wirkstoff an die reduzierenden Endgruppen der Hydroxyethylstärke gebunden ist.
49. Verbindung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, in der der antiinfektive Wirkstoff über einen Linker an die Hydroxyethylstärke gekoppelt ist.
50. Pharmazeutische Zusammensetzung, welche eine Verbindung gemäß einem der Ansprüche 41 bis 49 aufweist.
51. Pharmazeutische Zusammensetzung gemäß Anspruch 50, die ferner einen pharmazeutisch verträglichen Träger aufweist.
52. Verwendung einer Verbindung gemäß einem der Ansprüche 41-49 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung einer Infektionskrankheit.
53. Verwendung gemäß Anspruch 52, wobei die pharmazeutische Zusammensetzung zur Behandlung von Infektionserkrankungen geeignet ist, welche unter anderem durch intrazelluläre Erreger verursacht werden.
54. Verwendung gemäß Anspruch 52 oder 53, wobei die pharmazeutische Zusammensetzung zur Behandlung von Infektionserkrankungen geeignet ist, welche durch pathogene oder fakultativ pathogene Erreger verursacht werden, z.B. bakterielle, virale oder parasitäre Erreger, Mykoplasmen, Mycobakterien, Chlamydien oder Rickettsien.
55. Verfahren zur Herstellung eines kovalenten HAS-Wirkstoff-Konjugates, bei dem man HAS und einen Wirkstoff in einem Reaktionsmedium miteinander umsetzt, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsmedium Wasser oder ein Gemisch von Wasser mit organischem Lösungsmittel, welches mindestens 10 Gew.-% Wasser umfaßt, ist.

- 53 -

56. Verfahren nach Anspruch 55, bei dem der Wirkstoff ein Vitamin, Impfstoff, Toxin, Antibiotikum (Antiinfektivum), Antiarrhytmikum, Appetitzügler, Anästhetikum, Analgetikum, Antirheumatikum, Antiallergikum, Antiasthmatisches, Antidepressivum, Antidiabetikum, Antihistaminikum, Antihypertonicum, oder ein antineoplastisches Mittel ist.
57. Verfahren nach Anspruch 55 oder 56, bei dem der Wirkstoff ein Hormon, Steroid, Lipid, Protein, Oligo- oder Polypeptid oder eine Nukleinsäure ist.
58. Verfahren nach einem der Ansprüche 55 bis 57, bei dem der Wirkstoff ein Enzym, Enzym-Inhibitor, Rezeptor, Rezeptor-Fragment, Insulin, Faktor VIII, Faktor IX, Zytokin, Interferon, Interleukin, Wachstumsfaktor, Peptid-Antibiotikum, virales Hüll-Protein, Hämoglobin, Erythropoietin, Albumin, hTPA, Antikörper, Antikörperfragment, Einzelketten-Antikörper, eine Nukleinsäure, insbesondere eine D- oder L-Nukleinsäure, wie beispielsweise eine D-DNA, L-DNA, D-RNA oder L-RNA oder ein Derivat davon ist.
59. Verfahren nach einem der Ansprüche 55 bis 58, bei dem der Wirkstoff ein Steroidhormon, ein von Aminosäuren abgeleitetes Hormon oder ein von Fettsäuren abgeleitetes Hormon ist.
60. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man HAS an die ϵ -NH₂-Gruppe, an die α -NH₂-Gruppe, an die SH-Gruppe an eine COOH-Gruppe oder an eine -C(NH₂)₂-Gruppe des Wirkstoffes bindet.
61. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man HAS vor Bindung an den Wirkstoff oxidiert.
62. Verfahren nach Anspruch 61, bei dem man die reduzierende Endgruppe der HAS selektiv oxidiert.

- 54 -

63. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die oxidierte reduzierende Endgruppe HAS mit einer Aminogruppe des Wirkstoffes unter Ausbildung eines Amides reagiert.
64. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man eine Aminogruppe des Wirkstoffes mit HAS so umsetzt, dass eine Schiff'sche Base gebildet wird.
65. Verfahren nach Anspruch 64, bei dem die Azomethin-gruppe -CH=N- der Schiff'schen Base zu einer Methylen-aminogruppe -CH₂-NH- reduziert wird.
66. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem als Reduktionsmittel BH₄⁻ verwendet wird.
67. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man den Wirkstoff oder HAS vor der Herstellung des Konjugates an einen Linker bindet.
68. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man Hydroxyethylstärke mit einem mittleren Molekulargewicht (Gewichtsmittel) von 1 bis 300 kDa verwendet.
69. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man Hydroxyethylstärke mit einem mittleren Molekulargewicht von 2 bis 40 kDa verwendet.
70. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem man Hydroxyethylstärke mit einem molaren Substitutionsgrad von 0,1 bis 0,8 und ein Verhältnis von C₂ : C₆-Substitution im Bereich von 2 bis 20, jeweils bezogen auf die Hydroxyethyl-gruppen, verwendet.
71. Verfahren zur Herstellung eines Arznei- oder Diagnose-mittels, umfassend Schritte bei denen man ein HAS-Wirkstoff-Konjugat nach einem der Ansprüche 55 bis 70 herstellt und

- 55 -

mit einem pharmazeutisch verträglichen Träger, Adjuvans oder Hilfsstoff vermischt.

72. Arzneimittel, erhältlich nach Anspruch 71.

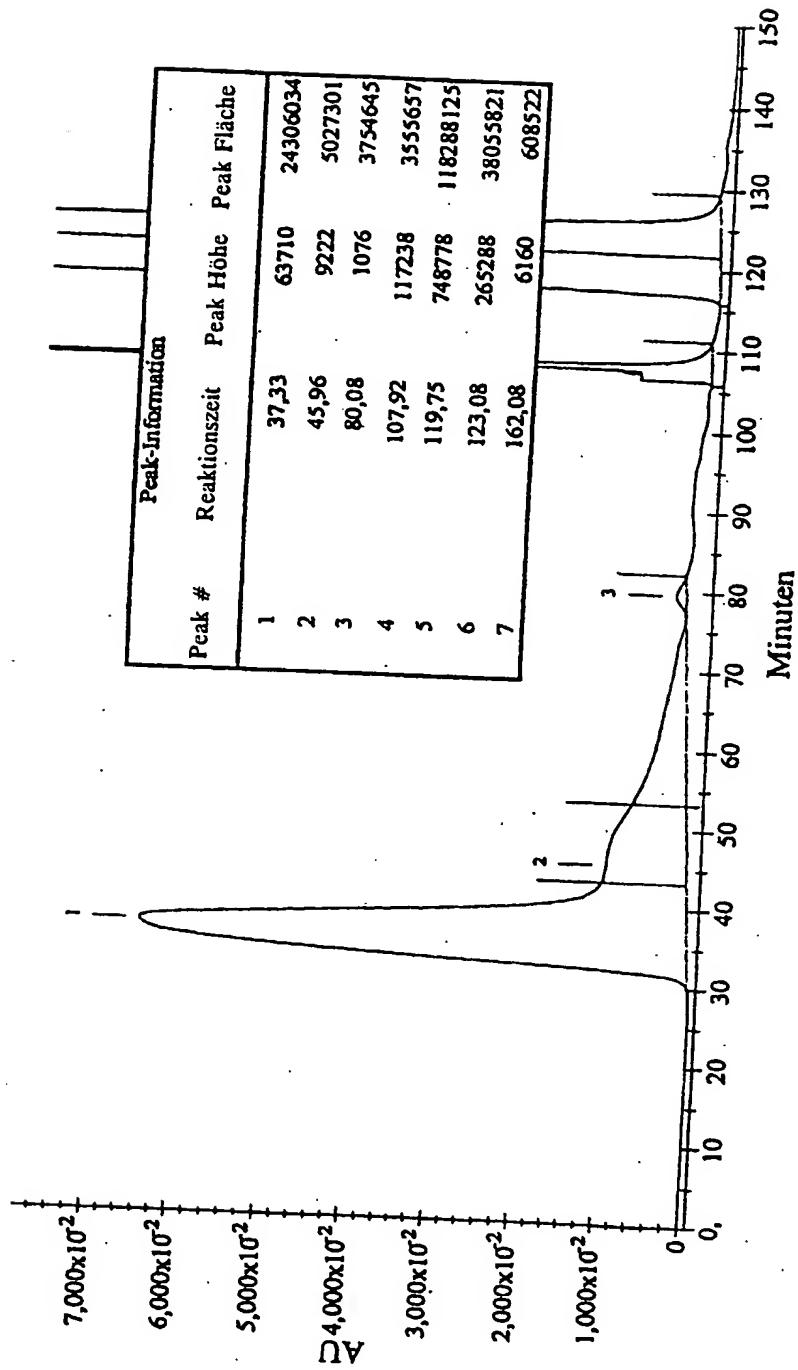


Fig. 1: GPC Chromatogramm der Kopplung III ox-HES 130 kD an HSA

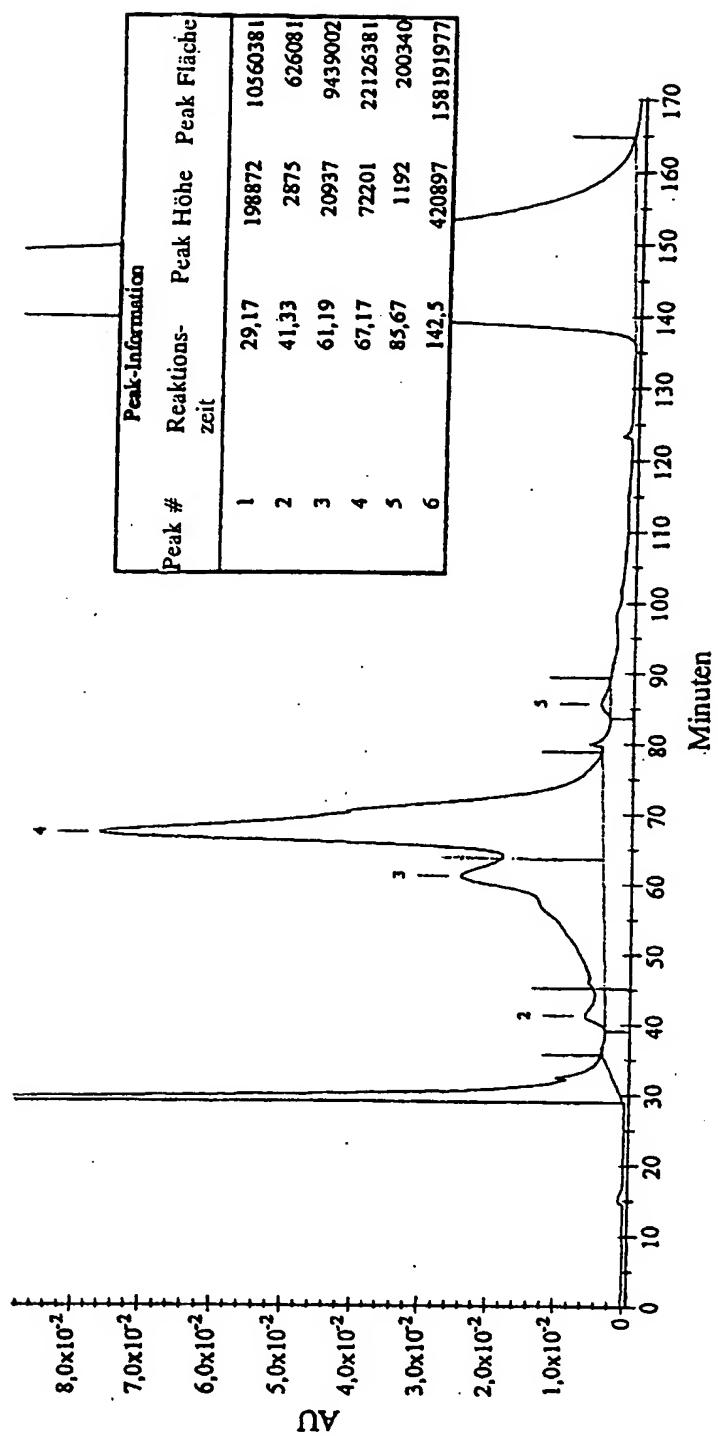


Fig. 2: GPC Chromatogramm der Kopplung IV ox-HES 130 kD an HSA

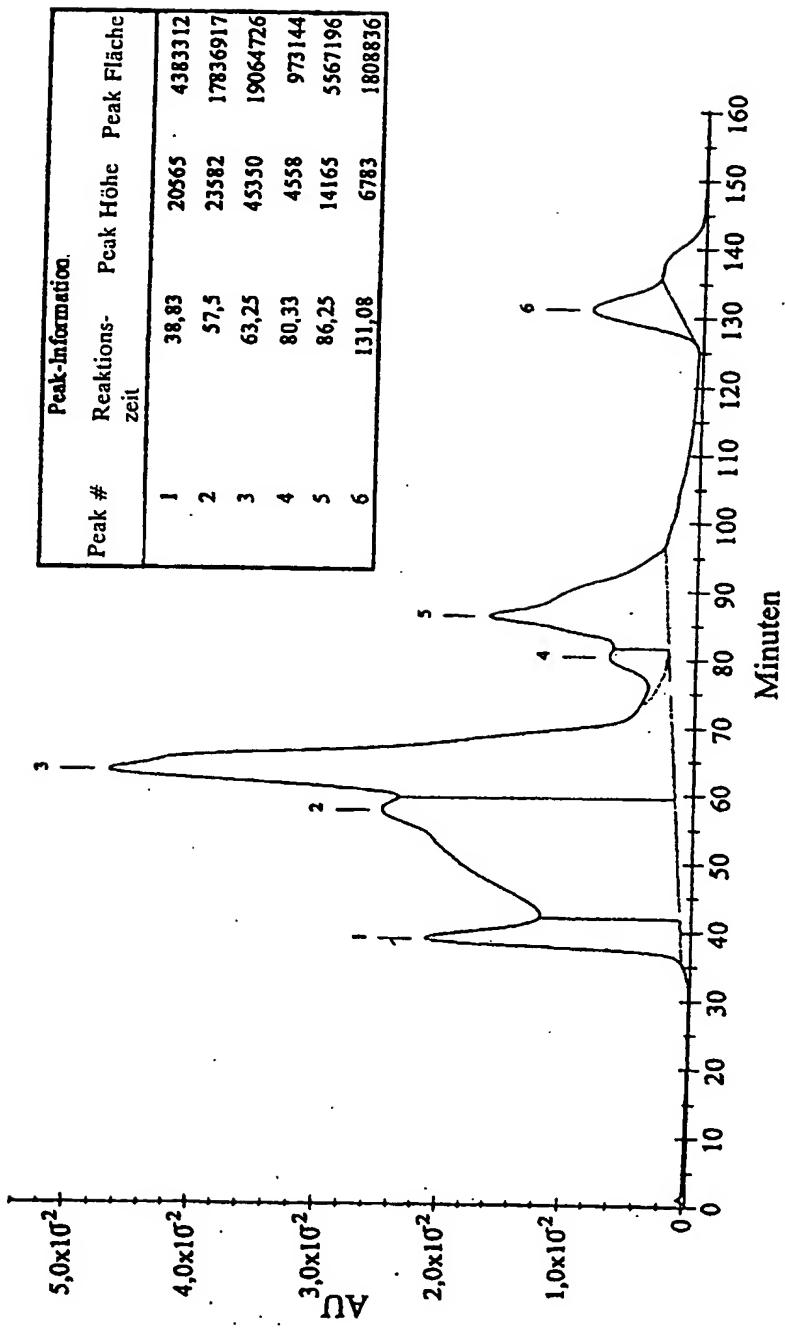


Fig. 3: GPC Chromatogramm der Kopplung von HES 130 kD an HSA (Reaktionszeit 2 h)

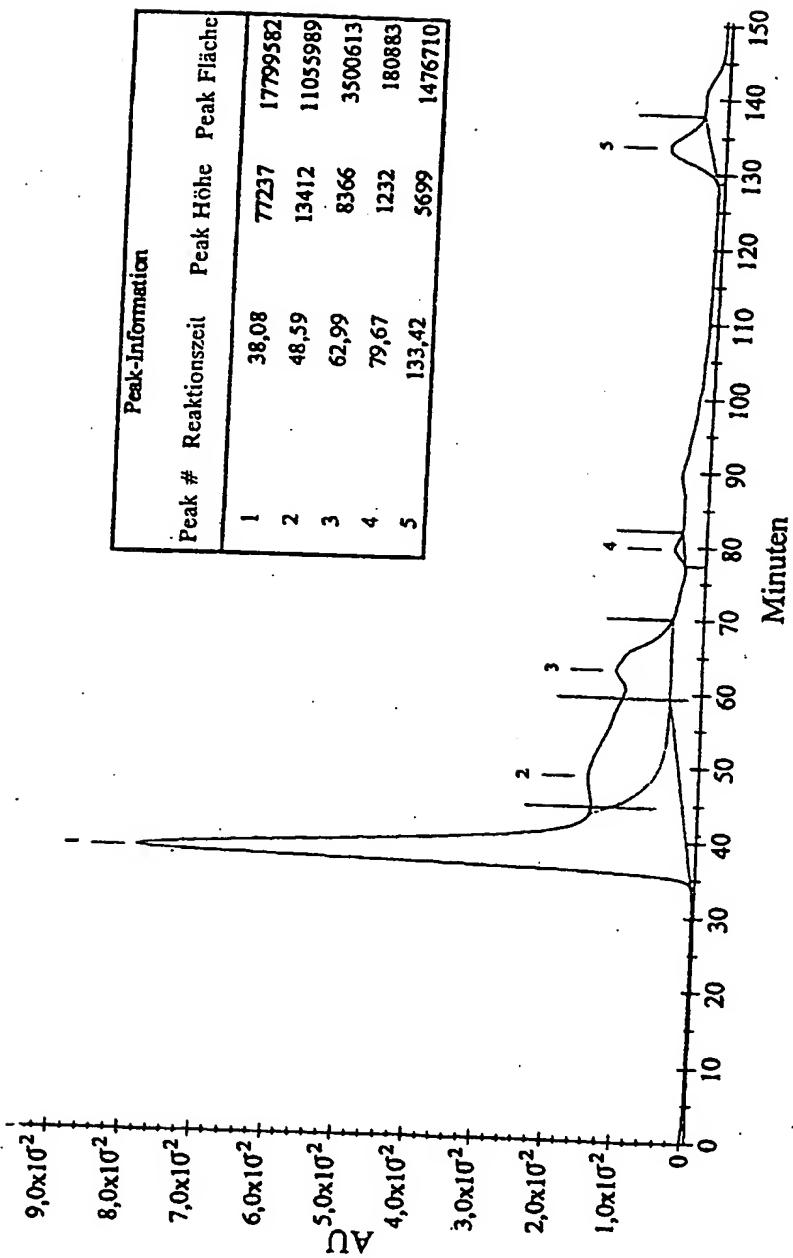


Fig. 4: GPC Chromatogramm der Kopplung von HES 130 kD an HSA (nach vollständiger Reaktion)

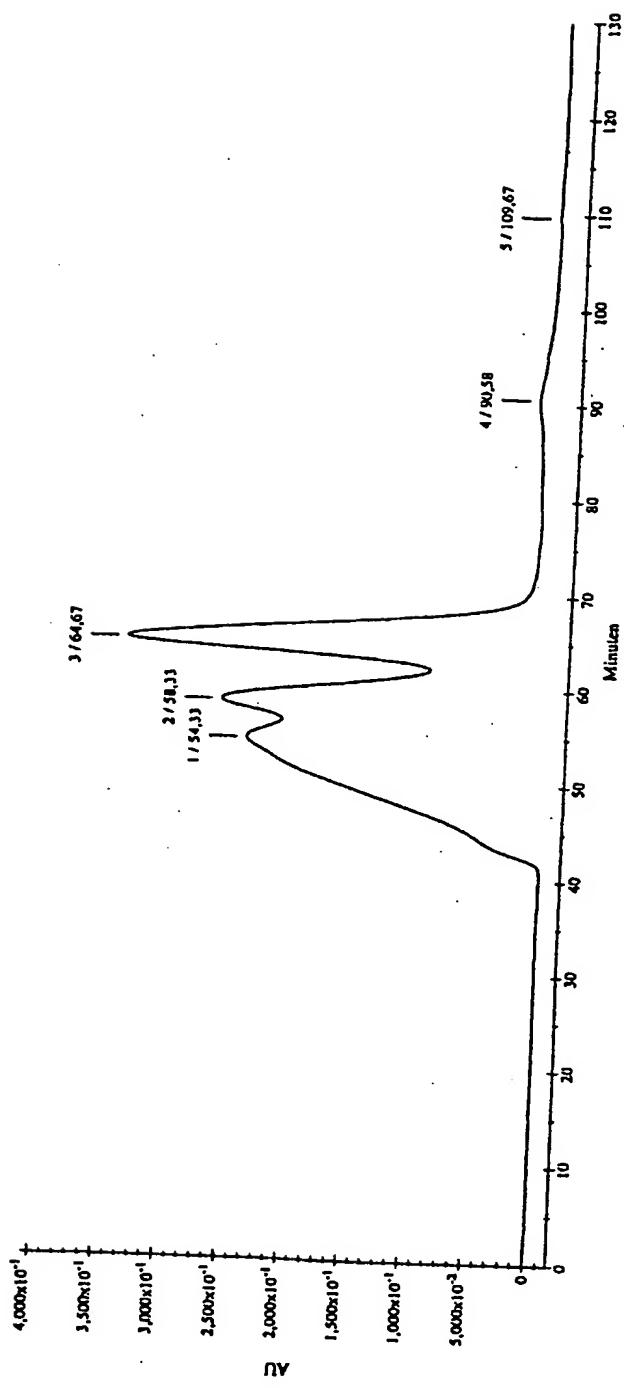


Fig. 5a: GPC-Analytik der Reaktionskinetik der V. Kopplung ox-HES 10 kD an HSA nach 2 h

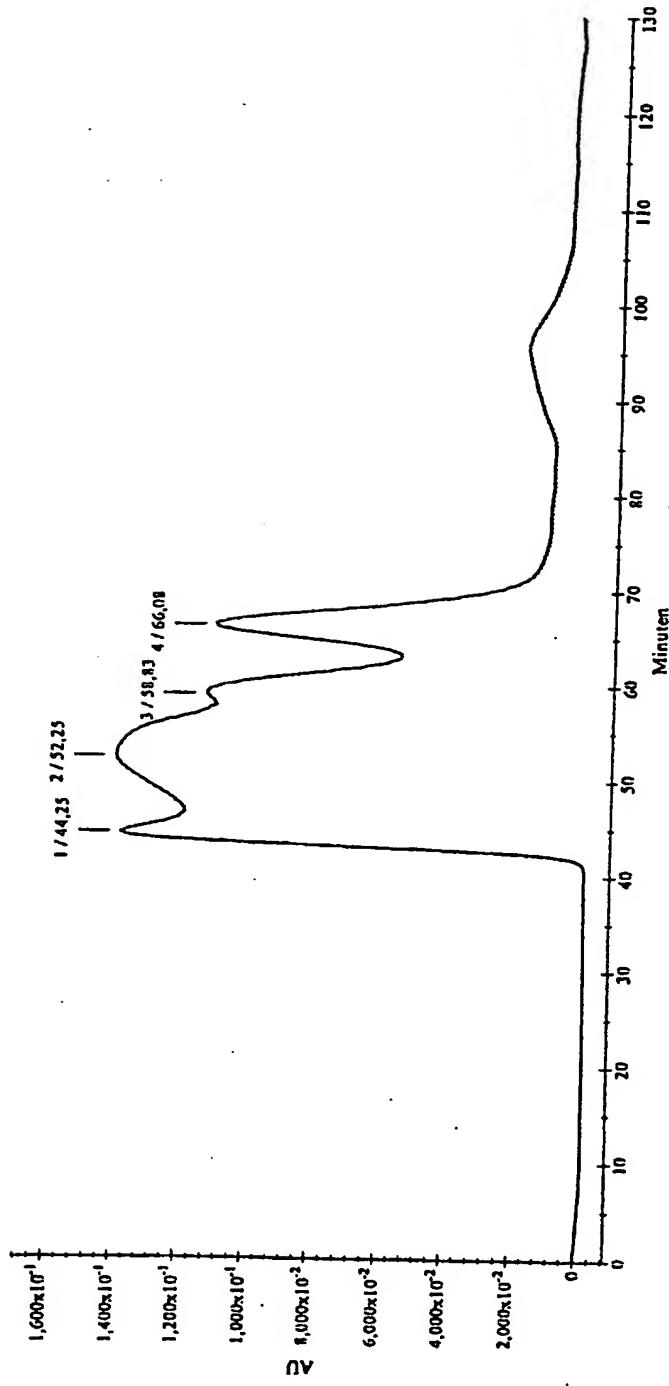


Fig. 5b: GPC-Analytik der Reaktionskinetik der v. Kopplung ox-HES 10 kD an HSA nach 16 h

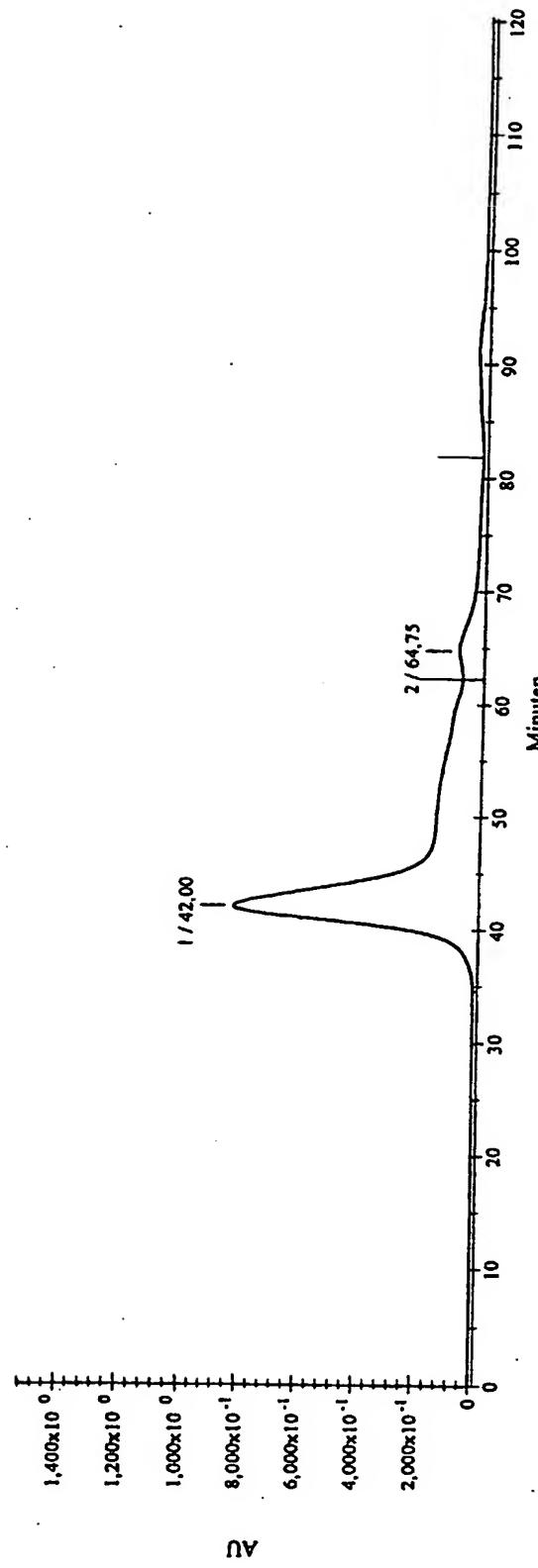


Fig. 6: GPC-Analytik des Reaktionsgemisches nach 24 h Inkubation
der VII. Kopplung ox-HES 130 kD an HSA

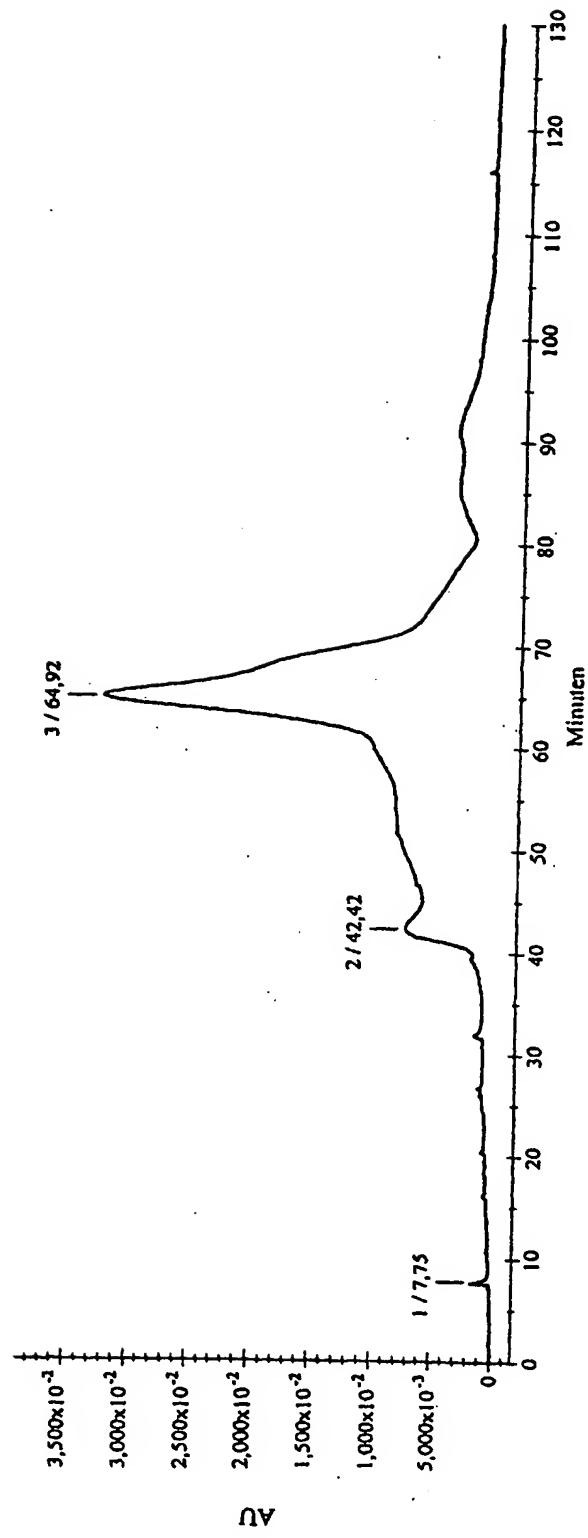


Fig. 7: GPC-Chromatogramm. V. Kopplung HES 130 kD an HSA und Borhydridreduktion

BEST AVAILABLE COPY



Fig. 8: Obere Aufnahme: SDS-PAGE der Kopplungsreaktionen III (Verfahren A und B) zwischen HSA und oxHES 130 kD und HES 130 kD, respektive, mit Silberfärbung (Bahn 1: Kopplung III Verfahren A); Bahn 2: Transferin; Bahn 3: Creatinase; Bahn 4: nicht-modifiziertes HSA; Bahn 5: Kopplung III (Verfahren B); Bahn 6: Marker).

Untere Aufnahme: Western Blot mit Glykan-Nachweis derselben Proben, wobei Transferin (Bahn 2) als Positiv-Kontrolle und Creatinase (Bahn 3) sowie HSA (Bahn 4) als Negativ-Kontrolle fungieren.

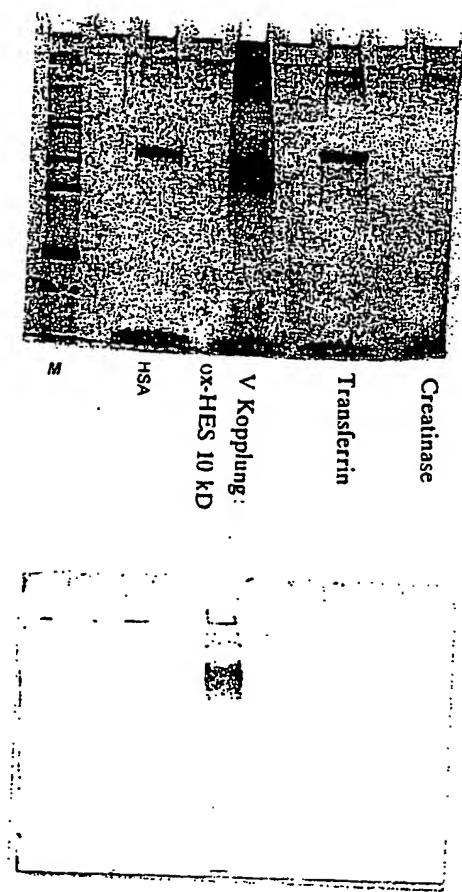
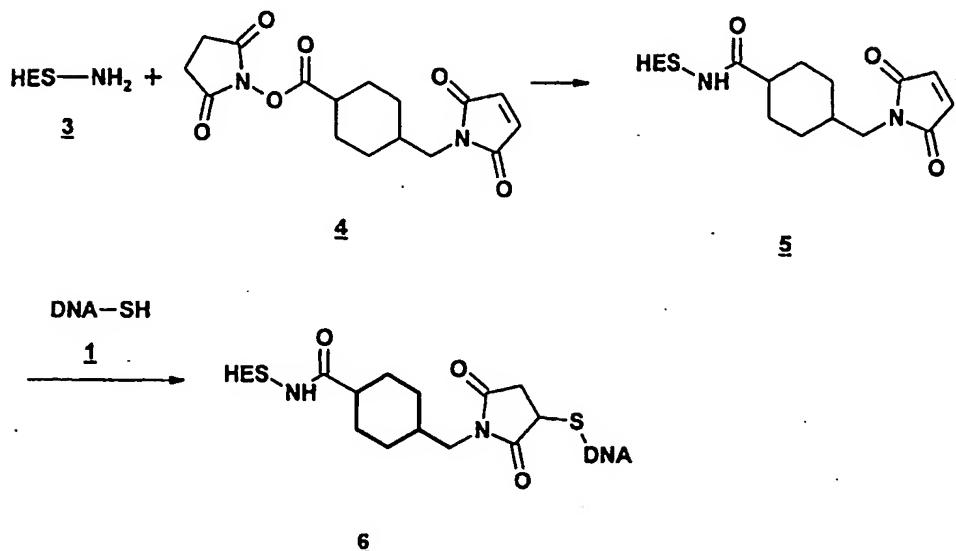
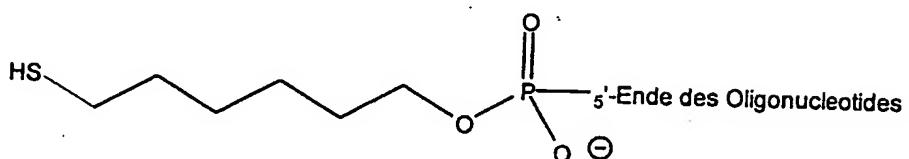


Fig. 9: SDS-PAGE, silbergefärbt, 12 % PAA (oben) und Western Blot/Glykan (unten) der Reaktionsmischung aus V. Kopplung ox-HES 10 kD mit HSA

Schematische Darstellung der Kopplungsreaktion zwischen Amin-HES,
SMCC und Thio-DNA:



Struktur der Thiomodifikation der DNA



Struktur des SMCC

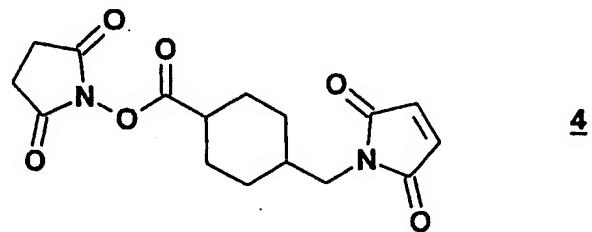


Fig. 10

BEST AVAILABLE COPY

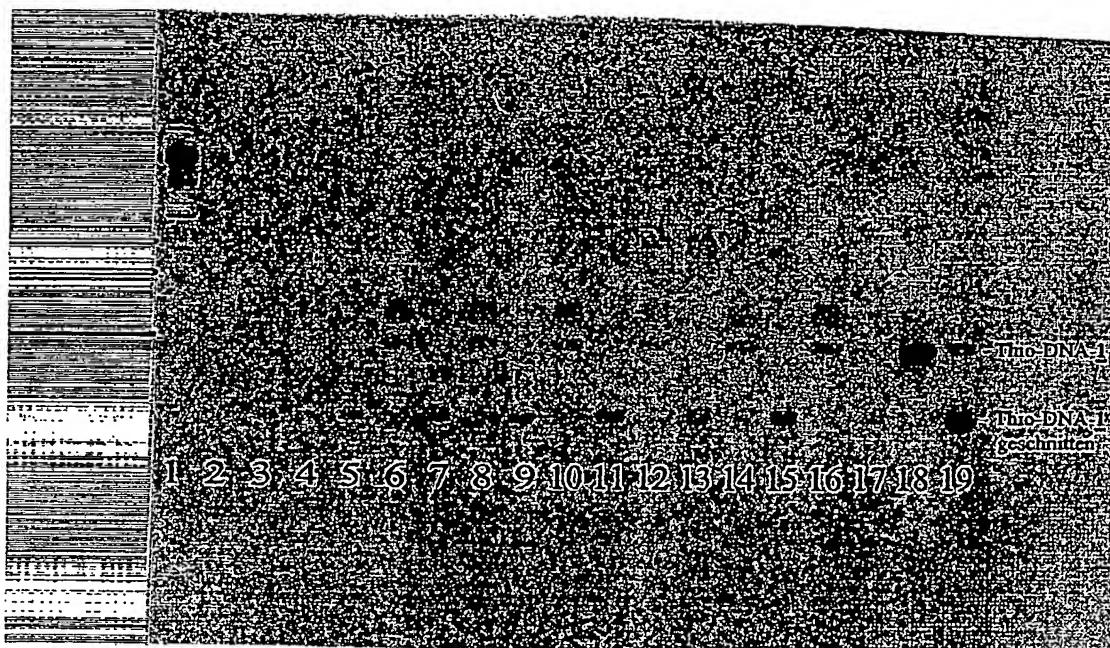


Fig. 11